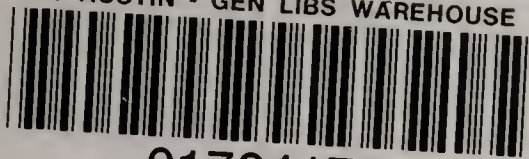


UT AUSTIN - GEN LIBS WAREHOUSE



01784176

2006959590

QE 1 S6775 SER.2 V.3 GEOL

554.406
S013b



LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY OF TEXAS

GEOL
LIB'Y

THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
THE GENERAL LIBRARIES

This Item is Due on the Latest Date Stamped

DUE	RETURNED
JAN 17 1995	REC'D SEP 14 1994 DLSC

PARIS. — IMPRIMERIE DE BOURGOGNE ET MARTINET,
IMPRIMEURS DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, RUE JACOB, 50.

Bulletin
DE LA
SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DE FRANCE.

—
Come Troisième. Deuxième série.
—

1845 A 1846.

PARIS,
AU LIEU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ,
RUE DU VIEUX-COLOMBIER, 26.

—
1846.

157255

THE
LIBRARY
OF THE
MUSEUM OF
COMPARATIVE ZOOLOGY
AT HARVARD UNIVERSITY
CAMBRIDGE, MASS.

NOV 10 1911

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE.

Séance du 3 novembre 1845.

PRÉSIDENT DE M. DE VERNEUIL, *vice-président*.

M. le Président fait connaître que le procès-verbal de la dernière séance a été lu dans la séance du Conseil du 30 juin 1845, et que sa rédaction a été adoptée.

Le Président annonce ensuite trois présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants* ; juin, juillet, août, septembre 1845.

De la part de M. le ministre de la marine, 1^o *Voyage autour du monde sur la frégate la Vénus, de 1836 à 1839, par Abel Du Petit-Thouars* ; 10 vol. in-8^o, 11 livr. de planches in-f^o et une carte générale du globe. Paris, 1840 à 1844.

2^o *Voyage au pôle sud et dans l'Océanie sur les corvettes l'Astrolabe et la Zélée, de 1837 à 1840, par Dumont d'Urville* ; *Hydrographie*, t. I^{er} ; *Histoire du voyage*, t. VI, VII ; *Botanique*, t. I ; avec atlas in-f^o, livr. 1 à 16 et 31 à 33.

De la part de M. Billaudel, *Notice sur Claude Deschamps, inspecteur général des ponts et chaussées* (extr. des *Annales des ponts et chaussées*, novembre et décembre 1844) ; in-8^o, 39 p., 1 pl. Paris, 1845.

De la part de M. Agassiz, *Iconographie des coquilles tertiaires réputées identiques avec les espèces vivantes ou dans différents terrains de l'époque tertiaire, accompagnée de la description des espèces nouvelles* (extr. du t. VII des *Nouv. mémoires de la Soc. helvétique des sc. nat.*) ; in-4^o, 64 p., 15 pl. Neuchâtel, 1845.

De la part de M. Ch. d'Orbigny, *Dict. univ. d'histoire naturelle*; livr. 63 à 70.

De la part de M. C.-M. Boulanger, *Statistique géologique et minéralogique du département de l'Allier*; in-8°, 483 p., avec atlas in-f°. Moulins, 1844.

De la part de M. Pierre de Tchihatcheff, *Voyage scientifique dans l'Altaï oriental et les parties adjacentes de la frontière de la Chine*; petit in-f°, 466 p., avec atlas de 30 pl. Paris, 1845.

De la part de M. G. Fischer de Waldheim, 1° *Observations sur le genre de polypier cœloptychium de Goldfus* (extr. du *Bulletin de la Soc. imp. des natur. de Moscou*, t. XVII, 1844), in-8°, 11 p., 3 pl.

2° *Notice sur le Spondylosaurus, genre de saurien fossile de l'oolithe de Moscou* (extr. du *Bulletin de la Soc. imp. des natur. de Moscou*, t. XVIII, 1845); in-8°, 11 p., 2 pl.

3° *Thoracoceratites* (antea melia), genre de la famille des *orthocœratites* (extr. du *Bulletin de la Soc. imp. des natur. de Moscou*, t. XVII, 1844); in-8°, 18 p., 2 pl.

De la part de MM. d'Archiac et de Verneuil, *Note sur une coupe du mont Pagnotte à Creil* (extr. du *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. II, p. 334); in-8°, 12 p., 1 pl. Paris, 1845.

De la part de M. C. Bailly de Merlieux, *Compte-rendu des travaux de la Société royale d'horticulture de Paris depuis l'exposition de 1844*; in-8°, 39 p. Paris, 1845.

De la part de M. H. Hogard, *Aperçu de la constitution minéralogique et géologique du département des Vosges* (extr. de la *Statistique de ce département*, publiée par MM. H. Lepage et Ch. Charton); in-8°, 130 p. Epinal, 1845.

De la part de M. Jean de Charpentier, *Sur l'hypothèse qui attribue les phénomènes erratiques des Pyrénées à une fonte subite des glaciers* (extr. de la *Biblioth. univ. de Genève*); in-8°, 15 p. Genève, janvier 1845.

De la part de M. J. Fournet, 1° *Sur l'invention du thermomètre centigrade à mercure faite à Lyon par M. Christin* (extr. des *Annales de la Soc. d'agricult. de Lyon*, 4 juillet 1845); in-8°, 17 p. Lyon, 1845.

2^o *Simplification de l'étude d'une certaine classe de filons* (extr. des mêmes *Annales*, 18 avril 1845); in-8^o, 107 p., 4 pl. Lyon, 1845.

De la part de M. Eugène Robert, *Sur le monument et les ossements celtiques découverts à Meudon en juillet 1845*; rapport de M. Serres à l'Académie des sciences (extr. des *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XXI, séance du 15 septembre 1845); in-4^o, 14 p. Paris, 1845.

De la part de M. Hardouin Michelin, *Iconographie zoophytologique*; livr. 17 à 19.

De la part de M. J.-J. Clément Mullet, *Souvenirs de la réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Chambéry, en août 1844* (extr. du n^o 93 des *Mémoires de la Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*); in-8^o, 39 p. Troyes, 1845.

De la part de M. T. Puel, *Catalogue des plantes qui croissent dans le département du Lot, classées d'après le système de Linné*; in-8^o, 40 p. 1845.

De la part de M. Alcide d'Orbigny, *Paléontologie française : Terrains crétacés*, livr. 99 à 102; *Terrains jurassiques*, livr. 32 à 34.

De la part de M. César Moreau, 1^o *Statistique générale de l'Europe, l'Asie, l'Afrique, l'Amérique et l'Océanie*, par MM. César Moreau et Slowaczynski; 2 vol. in-18, réunis en un seul, 812 p. Paris, juin 1838.

2^o *L'Univers maçonnique*, par une Société de francs-maçons, sous la direction de M. César Moreau; in-8^o, 768 p. Paris, 1837.

3^o *Notice biographique sur la vie et les travaux militaires, administratifs et scientifiques de M. César Moreau* (extr. des *Contemporains, revue biographique des hommes du jour*); in-8^o, 15 p. Paris 1845.

4^o *Notice sur César Moreau (de Marseille)*, par E. Pascallet (extr. du *Biographe universel, galerie scientifique*); in-8^o, 59 p. Paris, 1841.

5^o *Notice biographique de la vie et des travaux de M. César*

Moreau (de Marseille), par M. A. Legrand ; in-8°, 8 p. Paris....

6° *State of the trade*, etc. (État du commerce de la Grande-Bretagne avec toutes les parties du monde, de 1697 à 1822) ; 1 feuille grand aigle. Londres, 1822.

7° *The past and present*, etc. (L'État passé et présent de la situation statistique de l'Irlande), in-f°, 56 p. Londres, 15 octobre 1827.

8° *Chronological records*, etc. (Archives chronologiques de la marine royale et marchande anglaise, de 827 à 1827) ; in-f° oblong, 85 p. Londres, 1827.

9° *Chronological records*, etc. (Archives chronologiques des finances de la Grande-Bretagne de 55 à 1828) ; in-f° oblong, 27 p. Londres, 1828.

De la part de M. Roderick Impey Murchison, *Address to the anniversary meeting of the Royal Geographical Society*, 26th mai 1845, in-8°, 76 p. Londres, 1845.

De la part de M. le capitaine Newbold, *Summary*, etc. (Sommaire de la géologie de l'Inde méridionale) ; in-8°, 92 p.

De la part de MM. Thomas Austin esq^{re} et Thomas Austin jeune, *A monography*, etc. (Monographie des crinoïdes récents et fossiles, avec des figures et des descriptions de quelques genres voisins, récents et fossiles) ; in-4°, 1^{re} et 2^e livr. Londres, 1845.

De la part de M. J. Balsamo Crivelli, *Memoria per servire all' illustrazione*, etc. (Mémoire pour servir à l'illustration des grands mammifères fossiles existant dans le cabinet I. et R. de Sainte-Thérèse à Milan, et dissertation sur deux mammifères fossiles trouvés dans les lignites de la province de Bergame) ; in-8°, 24 p. Milan, mai 1842.

De la part de M. G.-G. Bianconi, 1° *Sopra alcuni zoofiti*, etc. (Sur quelques zoophytes décrits sous les noms de *Cliona cœlata* (Grant), *Visa* (Nardo), et *Spongia terebrans* (Duvernoy) (extr. du t. VII des *Nouvelles annales des sciences naturelles de Bologne*) ; in-12, 17 p.

2° *Sul sistema vascolare*, etc. (Sur le système vasculaire des feuilles considéré comme caractère distinctif pour la déter-

mination des *Phyllites*) (extr. du 3^e fascicule des *Nouv. annal. des sc. nat. de Bologne*); p. 343 à 390, in-12, 7 pl. Bologne, 1838.

3^o *De origine caloris in aquis thermalibus considerationes quædam*; in-4^o, 22 p., 1 pl. Bologne, 1842.

De la part de M. L. Pilla, *Saggio comparativo*, etc. (Essai comparatif des terrains qui composent le sol de l'Italie); in-8^o, 137 p., 1 pl. Pise, 1845.

De la part de M. A.-V. Klipstein, *Beitrag zur geologischen kenntniss*, etc. (Matériaux pour servir à la géologie des Alpes occidentales); 3^e livr. in-4^o, p. IV à VI, et 241 à 312, 5 pl. Giessen, 1845.

De la part de M. Ezquerra del Baio, *Datos y observaciones*, etc. (Observations sur l'industrie minérale, avec une description caractéristique des minéraux utiles dont l'exploitation peut être l'objet d'entreprises); in-8^o, 353 p., 3 pl. Madrid, 1844.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, table du 2^e sem. 1844, vol. XIX; — 1845, 1^{er} sem., nos 24 à 26; — table du 1^{er} sem. 1845, vol. XX; — 1845, 2^e sem., nos 1 à 17.

L'Institut, 1845, nos 599 à 616.

Annales de l'Auvergne, nos de mars à août 1845.

L'Écho du monde savant, 1845, nos 45 à 49, 15 au 30 juin; nos 1 à 30, 1^{er} juillet au 16 octobre.

Le Mémorial encyclopédique, mai 1845.

Extrait du programme de la Société hollandaise des sciences de Harlem pour l'année 1845.

Commission hydrométrique de Lyon, mai et juin 1845.

Annales des mines, 4^e série, t. VII, 1845, 1^{re} et 2^e livr.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. III, nos 18 et 19, juin et juillet 1845.

Mémoires de la Société royale des sciences, lettres et arts de Nancy, année 1843.

Mémoires de la Société d'agriculture, des sciences et des arts de Valenciennes, t. III et IV, années 1841 et 1844.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, n^o 90.

The Athenæum, 1845, nos 921 à 940.

The Mining Journal, 1845, nos 513 à 532.

Report of the thirteenth meeting, etc. (Relation de la 13^e assemblée de l'Association Britannique pour l'avancement de la science, tenue à Cork en août 1843); in-8°, 422 p., 3 pl. Londres, 1844.

Report of the fourteenth meeting, etc. (Relation de la 14^e assemblée de l'Association Britannique pour l'avancement de la science, tenue à York en septembre 1844); in-8°, 547 p., 57 pl. Londres, 1845.

Proceedings of the Geological Society of London, 1843 — 1844, n° 99; — 1844, nos 100 — 101.

Transactions of the Geological Society of London, 2^e ser., vol. VII, parts 1 and 2.

Proceedings of the Royal Society of London, 1844, n° 60.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London for 1845, part 1.

The Royal Society, 30th nov. 1844.

Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, table, vol. I, décembre 1832 à mai 1844; — vol. II, 1844, 1845, nos 25 et 26.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. XVI, p. I, — vol. XVII, p. I.

Reports of the Natural History Society of Northumberland for years 1842, 1843, 1844.

Third bulletin, etc. (Troisième bulletin des procès-verbaux de l'Institut national pour l'avancement de la science à Washington, de février 1842 à février 1845, avec les procès-verbaux de la réunion d'avril 1844).

Correspondenblatt, etc. (Bulletin de correspondance de la Société royale d'agriculture de Wurtemberg, nouv. série, t. XXVI, année 1844, II^e vol., 4^e livr.).

Bericht uber die, etc. (Compte-rendu des travaux de l'Académie royale des sciences de Berlin, de juillet à décembre 1844, et de janvier à juin 1845).

Abhandlungen, etc. (Mémoires de l'Académie royale des sciences de Berlin pour l'année 1843).

Abhandlungen, etc. (Mémoires de la Société royale des

sciences de Bohême ; 5^e série ; vol. I, 1837 à 1840 ; vol. II, 1841 à 1842 ; vol. III, 1843 à 1844).

Boletin oficial de minas de Espana, 1845, nos 24 à 31.

Anales de minas, t. III. Madrid, 1845.

Le Trésorier rend le compte suivant de l'état de la caisse :

Il y avait en caisse au 31 décembre 1844.	758 fr. 25 c.	
La recette, depuis le 1 ^{er} janvier 1845 jusqu'au		
31 octobre dernier, s'est élevée à	16,763	90
Ensemble.	17,522	15
La dépense monte à.	16,404	80
Il reste en caisse au 31 octobre dernier.	1,117	35

M. Fauverge offre à la Société quelques roches et fossiles du bassin confluent du Rhône et de l'Ardèche, ainsi que du terrain néocomien sur lequel reposent les couches de ce bassin. Il rappelle le calcaire nummulitique dont a parlé M. de Roys il y a un an, et pense que les Nummulites que l'on y trouve y ont été amenées par les eaux, ainsi que les végétaux qui composent les lignites de ce bassin.

J'ai recueilli il y a longtemps, continue M. Fauverge, une partie des roches et des fossiles que j'ai l'honneur d'offrir à la Société; le reste m'a été envoyé d'après une demande et des indications qui n'ont pas été entièrement comprises, ce qui me laisse le regret de ne pouvoir vous offrir, du moins pour le moment, une collection complète des diverses couches de cette localité.

Avant de vous donner quelques détails sur ce bassin, permettez-moi de vous présenter succinctement un tableau de la disposition générale des divers terrains du département de l'Ardèche, qui forme un grand amphithéâtre, dont les degrés sont d'autant plus élevés qu'ils appartiennent à des formations plus anciennes. La crête des Cévennes, dont la direction est N.-E. et S.-O., est le plus haut degré. La chaîne du Coyron, qui offre une suite de volcans éteints, en s'élevant du Rhône jusqu'aux Cévennes, qu'elle joint perpendiculairement, le partage en deux parties, septentrionale et méridionale. La partie septentrionale est du terrain primitif, à l'exception de deux lambeaux de terrain jurassique au bord du Rhône, et d'une bande composée des divers terrains de sédiment et des coulées basaltiques du versant septentrional du Coyron. Il

n'en est pas de même de la partie méridionale, où le terrain primitif ne forme que le degré supérieur. Là, en descendant vers le Rhône, on passe successivement des formations primitives au terrain de transition, au lias, au terrain jurassique et au terrain néocomien que baigne le fleuve depuis Rochemaure jusqu'au banc rouge, où il est recouvert par le terrain tertiaire. Les basaltes font exception à la règle générale; ils appartiennent à tous les degrés et s'étendent à l'O. du Coyron, bien au-delà de cette chaîne.

On a parlé, je crois, de strates calcaires, saccharoïdes dans toute leur épaisseur en certains endroits, et très friables dans d'autres. J'ai vu un calcaire exactement semblable, entre St-Marcel et Bidon, appartenant au terrain néocomien, et un autre près de Joyeuse appartenant au lias. Aux Vans, en remontant le Bourdaric, on voit des couches passant, dans le sens de leur longueur, d'un calcaire qui paraît ne contenir que très peu de parties métalliques, à une roche tellement ferrugineuse, qu'elle a l'aspect du fer. Ce passage a lieu plus ou moins brusquement. Cette roche, qui alterne avec des calcaires jaunâtres, est immédiatement recouverte, près de Navcs, par des marnes qui supportent des schistes, et sur lesquelles est bâti ce village. Je n'émet aucune théorie au sujet de ces calcaires; je cite des faits qui, je crois, peuvent s'expliquer de diverses manières.

Je reviens maintenant au plus bas degré du terrain néocomien qu'on rencontre au bord du Rhône; ses couches sont inclinées d'environ 12° , au S.-E., et depuis Rochemaure à St-Étienne il est formé de calcaires et de quelques marnes argileuses. A Saint-Étienne ce sont des marnes siliceuses renfermant le *Belemnites semicanaliculatus* en si grande quantité, qu'en 1810, passant dans cette localité après une forte pluie, je vis les fossés et les autres excavations qui sont entre la route et ces marnes remplis de Bélemnites, que les eaux y avaient entraînées. Un grès calcarifère et des sables forment les couches supérieures du terrain néocomien. Le calcaire dont a parlé M. de Roys est à la base du bassin tertiaire; il est recouvert d'un calcaire rougeâtre renfermant un banc d'Huîtres, ce qui a fait donner à cette localité le nom de Banc-Rouge. C'est dans les parties creusées par les eaux et dans les plis de ce calcaire que se sont déposés les lignites mixtes de ce bassin, qui à la partie supérieure alternent avec des grès calcarifères, dont quelques couches sont plus ou moins friables parce qu'elles sont plus ou moins chargées de lignites. La première fois que je visitai cette localité, j'y vis des couches pétries de Cérithes et de Natices; j'ai longtemps cru que ces

dernières étaient des Ampullaires, et je le croirais encore si MM. d'Archiac et Alc. d'Orbigny ne m'eussent tiré de cette erreur. Vous remarquerez dans les fossiles de cette formation les genres Cérithé, Naticé, Anodonte, Pétoncle et Cyrène, ou peut-être Corbule. Les parties ligneuses sont assez irrégulièrement placées parmi ces fossiles, les Huîtres appartiennent au calcaire rougeâtre. La Trigonie, dont vous ne voyez qu'un moule intérieur, est du calcaire néocomien supérieur, recouvert du côté de St-Marcel par le calcaire nummulitique, d'où ont été transportées les Nummulites du bord du Rhône. Les Bélemnites appartiennent aux marnes néocomiennes de St-Étienne, dont j'ai déjà parlé, et le fragment de Tubipore forme plusieurs couches à la partie supérieure et à un des penchants d'une colline au N.-O. de Bourg St-Andéol; il appartient aussi au terrain néocomien.

Les lignites du confluent du Rhône et de l'Ardèche ne se bornent pas au Banc-Rouge; il y en a aussi à St-Paulet (Gard), à peu de distance de St-Just. Au sud du Banc-Rouge sont des marnes qui lui sont supérieures, et tout ce bassin est entièrement recouvert par les alluvions du Rhône et de l'Ardèche, qui s'étendent davantage dans les départements de la Drôme et de Vaucluse. C'est dans ces alluvions que j'ai recueilli la Zéolithe que je vous présente, et qui par le frottement ou le choc exhale une odeur de truffe. Dans ces mêmes alluvions, entre Pierrelatte et le Rhône, à la profondeur de 4 ou 5 mètres, on trouve des corps cellulés ressemblant assez, extérieurement, à des éponges de forme irrégulière; mais ils sont d'une couleur vert d'eau et d'une matière très dure, qu'on peut confondre avec du verre. Je pense qu'ils sont entièrement de silice et qu'ils ont été formés par des courants électriques; car j'admets la théorie émise par M. Virlet d'Aoust, dans la séance du 20 janvier dernier.

M. Leymerie est étonné d'entendre citer le terrain à Nummulites dans l'Ardèche et dans les départements circonvoisins. Il pense que M. de Roys a pris des Orbitolites pour des Nummulites. D'après les renseignements que M. Leymerie s'est procurés auprès des géologues du Midi, le terrain à Nummulites ou épicrotécé manquerait entre l'Hérault et Nice.

Dernièrement M. Leymerie a pu constater, à la vue des collections rapportées par M. le grand-vicaire Van den Heck et par M. Caillaud (*Muséum*), que le gisement de Nice se rapportait bien à son terrain *épicrotécé*. C'est bien le même *facies*; ce sont

les mêmes Nummulites avec la *Turritella imbricata*, le *Fusus longævus*, le *Cerithium giganteum*, la *Neritina conoides*, ... plus, des fossiles propres très nombreux, assez différents, dans leur ensemble, de ceux de l'Aude.

M. Fauverge répond qu'il n'a parlé de Nummulites dans un terrain du département de l'Ardèche que d'après M. de Roys; qu'il n'a jamais pu déterminer les fossiles du calcaire désigné, ne les ayant jamais vus que fortement attachés à la roche; qu'il ne les cite comme étant des Nummulites que parce qu'il ne lui est pas venu en idée que M. de Roys fût dans l'erreur.

M. d'Archiac croit l'observation de M. Leymerie très juste, et remarque que sur la rive droite du Rhône, dans le département de l'Ardèche, il y a des Alvéolites qui, coupées dans un certain sens, ont l'apparence de Nummulites; qu'il y a aussi des Orbitolites, et que les deux fossiles peuvent avoir trompé quelques géologues qui ont examiné ces couches crétacées.

M. Leymerie revient sur des opinions qu'il avait émises d'une manière trop absolue dans le préambule de son dernier Mémoire sur le terrain à Nummulites, Mémoire qui est actuellement sous presse.

Il croit toujours qu'il existe au-dessus du terrain crétacé incontestable un terrain particulier très riche en Nummulites, et qui contient beaucoup de fossiles propres, associés à des fossiles tertiaires du bassin parisien, et à quelques fossiles crétacés. C'est pour ce terrain, dont les gisements principaux existent au pied des Pyrénées et des Alpes, sur le revers S. de la montagne Noire à Nice, dans le Vicentin, au Kressenberg en Crimée, qu'il réserve le nom d'épicrétacé. Mais il pense qu'il existe aussi en Italie, en Sicile et même au pied des Pyrénées, de véritables Nummulites dans le terrain crétacé proprement dit.

Il présente la carte géologique de l'Aube; dans un mois il présentera sur ce sujet un ouvrage complet. La carte est au $\frac{1}{200000}$, réduite d'après celle du Dépôt de la Guerre, et coloriée à la main, parce qu'il a craint qu'il n'y eût quelques changements, difficiles à faire quand on adopte le coloriage mécanique.

M. Viquesnel donne lecture de la note suivante :

Description des filons de basalte injectés entre les couches de pépérino du puy de Montaudou, en Auvergne; par M. A. Viquesnel.

M. Fournet, professeur de géologie à la Faculté des sciences de Lyon, vient de publier un Mémoire intitulé : *Simplification de l'étude d'une certaine classe de filons* (1). Parmi les questions traitées dans ce Mémoire, l'auteur rend compte des phénomènes que présentent les injections des roches granitiques dans les granites et dans les schistes anciens, et propose une théorie nouvelle pour expliquer les faits nombreux qu'il a recueillis dans les vallées voisines de sa résidence. Je vous demande la permission de vous citer le résumé de ses opinions sur l'origine des lentilles de quartz éparpillées dans les micaschistes : « Comme une comparaison, dit-il, rendra notre manière de voir plus palpable, exposons-la en détail.

» Que l'on imagine que des pressions obliques entre elles gauchissent une rame de papier, il en résultera des entrebâillements parmi les feuillets. Si, actuellement, un liquide visqueux est poussé violemment dans cette masse, il agira en vertu des propriétés physiques et chimiques qui lui sont propres : ainsi il distendra les conduits dans lesquels il se dirige, en raison de son volume et de la force avec laquelle il sera poussé ; il se moulera dans les intervalles ; il froissera et déchirera quelques pages ; il imbibera, ramollira et délaiera celles qui sont perméables ; il les disposera à obéir à l'influence des puissances contractiles à l'empire desquelles les corps mous sont soumis ; et si le tout vient à se solidifier dans cet état, on aura naturellement des lentilles dans les entrebâillements, des filons transversaux dans les déchirures, des froissements en d'autres points ; une imbibition plus ou moins forte se manifestera dans leur voisinage ; enfin la ductilité acquise permettra des rapprochements de parties. Or, les assises de micaschiste ou de schiste argileux ne sont-elles point assimilables à ces papiers ? Les froissements ont été déterminés en eux par la direction variée des secousses du soulèvement, de la cassure et de l'injection ; les solutions de continuité durent s'y opérer plus facilement suivant le plan du feuillet que dans tout autre sens, par suite de la diminution de cohésion résultant du

(1) *Annales de la Société royale d'agriculture, histoire naturelle et arts utiles de Lyon*, séance du 18 avril 1845.

» clivage naturel. Cependant de véritables cassures se sont aussi
 » formées dans ces schistes, comme dans les autres roches, et il en
 » est résulté des filons nettement caractérisés. Tout porte, d'ail-
 » leurs, à croire que, dans un temps aussi rapproché de celui de
 » leur formation, ces roches jouissaient encore d'une certaine
 » flexibilité, et, dans tous les cas, celle-ci aura été augmentée par
 » la chaleur et par l'imbibition des masses intercalées; en sorte que
 » des rapprochements de certaines parties des lames ont pu s'effec-
 » tuer par suite de tassements. Enfin, il est facile de voir combien
 » ces mouvements divers ont dû se trouver modifiés par la tendance
 » à la contraction tuberculeuse ou sphéroïdale commune à tous les
 » liquides. »

J'ai observé en Auvergne, avec M. Rozet, une injection de filons basaltiques, dont nous avons expliqué la disposition particulière par l'hypothèse proposée par M. Fournet. Voici les faits tels qu'ils résultent de notes recueillies en 1841.

Si l'on parcourt les flancs basaltiques du monticule, on rencontre à l'E. du sommet un gros filon dirigé N. 15° O. au S. 15° E. En gravissant les pentes supérieures, on voit plusieurs filons passer par le point culminant et se couper sous différents angles. Le croisement des fissures, dont les produits volcaniques ont profité pour arriver au jour, semble démontrer que la surface du sol a subi sur ce point une rupture comparable, suivant l'expression de M. Elie de Beaumont, à l'étoilement d'une nappe de glace.

Le puy de Montaudou s'élève à la hauteur absolue de 592 mètres, et présente la forme d'un cône surbaissé. Il se trouve à 3 kilomètres au S. de Clermont-Ferrand, sur le revers oriental du plateau granitique qui supporte la chaîne des puys.

La roche basaltique se compose d'une pâte très compacte, d'une couleur bleue violacée, à cassure inégale. Ses parties exposées à l'air prennent une teinte violette. Elle devient celluleuse sur plusieurs points du puy, amygdaloïde au sommet et dans les filons, et contient des noyaux quelquefois arrondis, plus généralement allongés. Les noyaux se composent, les uns, de chaux carbonatée cristallisée, compacte ou terreuse, mélangée d'une matière noire cristalline; les autres, d'une substance feldspathique, très compacte, d'un aspect gras, d'un blanc verdâtre, translucide sur les bords, et très difficilement fusible au chalumeau en émail noir.

En suivant le chemin qui conduit de Clermont-Ferrand à Saint-Genest de Campanelle, et passe à la base occidentale du puy de Montaudou, on trouve, à la première montée, le terrain tertiaire dont les couches, inclinées de 20 à 25° au N.-E., se composent de

marne, de calcaire marneux et d'arkose. Plus haut, l'arkose incline seulement de 16°; quand on a dépassé le puy de Montaudou, on voit les couches devenir horizontales. Ainsi la sortie du basalte sur ce point a causé des dérangements partiels dans la position des couches du terrain tertiaire.

Les bases septentrionale et orientale du puy présentent un escarpement au pied duquel se terminent les vignes qui couvrent les coteaux. La partie inférieure de l'escarpement est formée par un pépérino dont MM. Lecoq et Bouillet (1) donnent la description suivante : « Pesanteur spécifique de 2,19 à 2,50; dureté variable, » selon les matières qui entrent dans sa composition; structure aré- » nacée; cassure irrégulière et rabotuse; odeur argileuse par in- » sufflation; fait effervescence avec les acides et fond en émail ver- » dâtre au chalumeau.

» Cette roche est composée de grains de quartz, de feldspath, de » fragments de basalte, de pyroxène, de mica et de grains verts » dont la couleur peut être due soit à la chlorite, soit à une matière » verte analogue à celle de la glauconie crayeuse. Ces éléments, » dont la couleur varie beaucoup, sont liés entre eux par de la chaux » carbonatée, colorée par le fer hydroxidé. »

Outre les parties constituantes ci-dessus énumérées, il faut ajouter des fragments de calcaire marneux, de marne et d'argile, provenant du terrain tertiaire.

Le pépérino se présente dans une position ordinairement horizontale; mais, ajoutent les auteurs précédemment cités, « on ob- » serve sur le flanc oriental du monticule des couches presque ver- » ticales, peu éloignées du basalte qui repose sur cette même roche » ou qui s'est fait jour à travers les couches. »

En étudiant en détail, avec M. Rozet, cette localité, nous avons observé que le basalte injecté suit les joints de stratification, forme des filons-couches et alterne avec le pépérino. Ces filons se composent de plaques de 3 à 6 centimètres d'épaisseur sur 30 à 60 centimètres de longueur, terminées en coin à leurs extrémités et complètement isolées ou soudées entre elles par un mince filet. Le basalte compacte dont se composent les amandes aplaties est parsemé de cellules rares et allongées dans le sens de la stratification.

L'examen de ce fait nous a conduits à la conclusion ainsi formulée par M. Fournet : « En vertu d'une incompressibilité com- » mune à toutes les pâtes, les roches d'injection savent quelquefois

(1) *Vues et coupes des principales formations géologiques du département du Puy-de-Dôme*. Clermont-Ferrand, 1830, page 40.

» distendre des roches encore flexibles, se faire jour entre leurs
» feuillets et arriver au point assigné par suite d'une énergique im-
» pulsion, tandis que les effets de plasticité ou d'élasticité de l'en-
» caissement, refermant la voie qu'elles se sont frayée, intercep-
» tent toute communication avec le noyau central. »

M. Virlet ajoute à ce que vient de dire M. Viquesnel, qu'il voit avec plaisir un observateur aussi judicieux que M. Fournet être arrivé aux mêmes conclusions que lui relativement à la *formation par injection des amandes ou noyaux de quartz blanc* souvent si nombreux dans les gneiss, les schistes argileux et micacés, etc. C'est après avoir étudié avec attention le phénomène, précisément dans les mêmes localités, c'est-à-dire aux environs de Lyon, de Givors, de Rive-de-Gier et autres points de la chaîne du Pilat, qu'il avait été amené à dire d'une manière générale, dès 1844, « que tous les noyaux » de quartz, quelles que soient leurs dimensions, qui souvent » ne dépassent pas celles d'une amande et que l'on observe » dans les terrains schisteux, quoique souvent isolés dans la » masse et parfois à d'assez grandes distances des filons, *sont* » encore le résultat d'injections analogues. » (Bull., t. I^{er}, 2^e série, p. 824.) M. Fournet est entré, lui, dans des détails très importants, qui lui paraissent devoir lever tous les doutes à ce sujet.

M. Virlet comprendrait d'autant moins que ces noyaux de quartz fussent le résultat d'une ségrégation par suite de la trop grande proportion de silice dans la matière des schistes au moment de leur consolidation, que la composition des roches qui renferment ces noyaux n'est point *définie*, mais au contraire *variable* à l'infini, comme le sont toutes les roches qui ont une origine incontestablement sédimentaire. Elles peuvent si bien contenir la silice dans toutes les proportions, qu'on les voit fréquemment passer à des quartzites par la prédominance de celle-ci, sans que pour cela il y ait la moindre apparence de masses qui auraient été ségrégées. La manière irrégulière dont ces noyaux lenticulaires de quartz sont distribués dans le sol, tantôt parallèlement au plan des feuillets, tantôt obliquement, les coupant et les refoulant de différentes manières, ainsi que les circonstances de dérangement du terrain, lui paraissent suffire

d'ailleurs pour démontrer clairement que le phénomène est dû à une cause postérieure au dépôt et à la consolidation des roches qui les renferment.

M. Virlet pense également qu'il n'y a rien de comparable non plus entre le phénomène des lentilles et filons de quartz et les noyaux plus micacés que l'on observe dans certains granites ; ces noyaux micacés sont dus, selon lui, à un phénomène bien différent, et qui ne pourra être bien expliqué que lorsque les idées sur le métamorphisme seront plus généralement répandues, et que la théorie aura été appuyée par un plus grand nombre de faits. En attendant, il croit que si ces nœuds micacés ne sont pas dus à des fragments arrachés aux terrains lors du surgissement du granite, ils sont le résultat de la transformation de noyaux préexistants dans des *granites métamorphiques*. Il ajoute qu'il croit que pour se convaincre que ces noyaux, comme la roche granitique qui les renferme, sont souvent le résultat d'un métamorphisme, il suffira d'observer avec attention, comme il l'a fait lui-même, le granite des environs de Vire (Calvados), employé en ce moment au dallage et au bordage des trottoirs de Paris. Il en a observé les dalles avec beaucoup d'attention avant leur emploi ; c'est sur le quai de Jemmapes, où on les débarque et où il y en a plusieurs dépôts, qu'il les a examinés, et quoiqu'il n'ait pas eu occasion d'étudier cette roche en place, cet examen l'a parfaitement convaincu que c'était un granite métamorphique ; on y voit, en effet, dans certaines plaques, des noyaux tantôt avec une apparence variée et différemment nuancée, tantôt compactes, gris ou noirs, et offrant encore au centre des parties de lydienne ou de quartzite non encore complètement modifiées, mais néanmoins se fondant dans la masse. M. Virlet conclut de la présence de ces noyaux, souvent fort nombreux, variant de volume, de forme et de nature, et dont les uns sont encore anguleux, tandis que le plus grand nombre a encore conservé la forme de galet, que le granite de Normandie qui les renferme doit avoir été originairement une espèce de poudingue, et il engage les géologues à porter toute leur attention sur cette question importante.

M. J. Delanoue n'admet pas l'opinion de MM. Virlet et

Fournet sur la *formation par injection dans le micaschiste de ces noyaux de quartz* qu'on y observe si fréquemment. Le micaschiste, malgré la dénégation de M. Virlet, est essentiellement composé de quartz et de mica; il est donc tout naturel que la surabondance sur quelque point d'un des deux éléments, de la silice, par exemple, y ait produit ces petites masses surbordonnées de quartz blanc. La planche que l'on vient de faire passer sous nos yeux pourrait nous être tout aussi bien donnée comme une coupe fidèle du gneiss du Limousin dont les marbrures sont parfaitement semblables, mais bien plus souvent de pegmatite, de kaolin et de feldspath (Jumilhau, Saint-Yrieix). Qu'est-il besoin de faire intervenir une action électro-chimique, un métamorphisme, une hypothèse enfin purement gratuite, pour rendre compte d'un fait aussi fréquent et aussi simple, savoir, l'accumulation sur certains points des roches ignées de celui de ses éléments qui était exubérant (quartz, amphibole, feldspath ou mica)?

M. Leymerie se joint à M. Delanoue pour rejeter la théorie proposée par M. Fournet pour la formation des rognons de quartz que renferme fréquemment le micaschiste. Il pense que ces rognons résultent tout simplement d'un dépôt de silice exubérante. Dans le Lyonnais, et notamment aux environs de Rive-de-Gier, où ces noyaux sont habituels, on ne les voit ordinairement en relation avec aucun filon. Dans presque tous les cas ils paraissent isolés et entourés par les feuilletés du schiste, qui les enveloppent en suivant tous leurs contours.

M. Virlet persiste à regarder les noyaux siliceux comme des éléments de filons; il dit qu'il a reconnu ces noyaux de quartz en rapport direct avec eux.

M. Leymerie croit qu'il y a dans les granites des veines qu'on peut prendre pour des filons et qui n'en sont pas, suivant lui.

M. Virlet fait observer à M. Leymerie que les granites, les porphyres et autres roches plutoniques renferment souvent des zones de couleur ou de composition un peu différente; ces zones, bien que se fondant et se liant souvent d'une manière intime à la masse principale, n'en doivent pas moins être considérées comme de véritables filons; car une roche a pu surgir

à plusieurs reprises, et venir par récurrence traverser et enlacer les parties déjà consolidées.

Par suite de cette discussion, M. Viquesnel donne lecture du passage suivant, extrait du Mémoire déjà cité de M. Fournet (*Simplification de l'étude d'une certaine classe de filons*), passage dans lequel se trouvent résumées les opinions du savant professeur de Lyon sur les filons de granites dans les granites.

« Une goutte de mercure, jetée sur un bain visqueux d'une matière moins dense, la traversera à cause de l'excès de sa pesanteur; et durant ce mouvement descensionnel, les frottements lui feront prendre la forme d'un filet oblong dans le sens vertical, ou bien celle d'une série de gouttelettes qui chemineront les unes à la suite des autres. Un pareil filet pourra d'ailleurs encore s'embrancher ou même se diviser en globules déviés dans tous les sens, dans le cas où il y aura défaut d'homogénéité dans le milieu ambiant. Celui-ci, de son côté, ne conservera pas la cavité tubulaire rectiligne ou branchue pratiquée par l'intromission du mercure; elle tendra à se fermer à mesure que la descente du liquide métallique laissera aux molécules déplacées la liberté de reprendre une place momentanément envahie, et les dernières traces du passage se trouveront ainsi effacées au bout d'un temps dont la durée sera en rapport avec la viscosité du liquide et le calibre du canal. Si actuellement une de ces gouttes se trouvait arrêtée dans sa course, les forces qui tendent à faire équilibre de part et d'autre la porteront à s'arrondir, tant que leur influence ne sera pas annihilée par une cause quelconque, telle qu'une congélation plus ou moins rapide, qui rigéfierait les masses respectives. Dans ce cas, sa forme définitive dépendra du volume, des poids, des tassements, des formes déjà acquises par le mouvement, des résistances rencontrées dans le trajet, des contractions ou dilatations déterminées par la cristallisation, et enfin de la rapidité avec laquelle s'effectuera la prise en masse, c'est-à-dire qu'elle sera, en somme, assez irrégulière.

» En substituant maintenant au globule de mercure abandonné à son propre poids un liquide quelconque poussé de bas en haut, il n'y aura évidemment rien de changé, si ce n'est la direction du mouvement, et nous tomberons dans le cas des nœuds irréguliers, éparpillés dans le granite. N'ayant laissé dans les parties molles aucune trace évidente de la voie qu'ils se sont frayée, ils

seront évidemment très ressemblants à ceux qui auraient pu être formés par de simples concentrations siliceuses effectuées autour de certains centres. L'observateur, renonçant donc pour eux à tout système général, adoptera l'idée qui lui paraîtra s'appliquer le mieux aux circonstances locales. Mais les parties injectées qui arriveront jusque vers le haut des masses granitiques, trouvant là un ensemble passablement solidifié, ne seront plus soumises aux mêmes influences : aussi la secousse qui a déterminé l'injection, ou même la violence avec laquelle l'injection a été effectuée, y produira des déchirures dont la forme se conservera à cause de la rigidité des parties, et de là ces filons-fentes, dont la forme sera infiniment mieux caractérisée qu'en bas.

» La principale objection que l'on pourrait élever contre cette manière de voir serait amenée par la difficulté de concevoir la formation d'une cassure dans un corps dont une partie serait encore visqueuse. Mais c'est là un fait avec lequel les hommes qui manipulent les scories de nos fourneaux sont suffisamment familiarisés; car chaque jour ils sont à même de voir des scories cassantes à la surface, visqueuses dans la partie moyenne de leur épaisseur et liquides au-dessous, en sorte qu'un choc violent donné sur un pareil bain suffit pour faire jaillir par les crevasses le métal et les mattes du fond du creuset.

» Le foyer interne où se sont élaborées les formations granitiques et quartzeuses présentait une accumulation de matières différentes par leurs affinités, par leur fusibilité et par leur densité. Sous l'influence du calorique central, les réactions s'opérèrent entre les corps susceptibles de se combiner, les puissances de saturation et de cristallisation élaguèrent les excès relatifs, dont les densités ou les attractions diverses effectuèrent l'isolement, autant du moins que la viscosité des produits pouvait le permettre. De là, non seulement les grains siliceux disséminés dans la pâte cristalline des granites, mais encore l'accumulation de cette même silice vers la périphérie de la masse. Ce mélange hétérogène est ensuite poussé de bas en haut par une succession de secousses qui, déchirant de toutes parts les portions superposées de la croûte terrestre, y produisent autant d'intervalles ou de lingotières dans lesquelles viennent se mouler les pâtes granitiques avec leurs nœuds siliceux et feldspathiques, dont les formes se compliquent de tous les accidents du mouvement de la coulée. Cependant, à cause de leur volume et de la faible conductibilité de la matière encaissante, les plus puissants de ces filons complexes ne perdent que très lentement leur température initiale. Les tendances à la

séparation des éléments hétérogènes, qui jouaient déjà un rôle dans le foyer intérieur, peuvent donc encore exercer leur influence pendant le temps où des fentes de retrait se produisent en vertu du refroidissement successif des masses; l'état de surfusion ordinaire des matières siliceuses facilite d'ailleurs ces mouvements; de là des ségrégations et des accumulations spéciales vers les parois et dans des interstices récents, où elles constituent une nouvelle série de filons et d'amoncellements de forme variée. Les dernières secousses surviennent enfin le creuset au moment où la partie supérieure du lingot avait déjà acquis une rigidité suffisante pour se casser sous le choc; les liquides émis de la profondeur traversent la partie inférieure encore pâteuse et remplissent les dernières fractures de la superficie, en constituant ainsi la classe des filons d'injection proprement dits; mais la rigéfaction n'étant pas complète, les tassements, la tendance au comblement et les autres causes de mouvement, tant des masses que des molécules, oblitérent encore plus ou moins les formes de ces filons ternaires, et de là cette ambiguïté qui en fait le caractère dominant. »

M. Alcide d'Orbigny répondant à M. Leymerie (v. p. 13 et 14) :

« M. le docteur Rœmer m'a communiqué une cinquantaine d'espèces de coquilles et de polypiers fossiles recueillis dans les couches appelées par lui, dans son ouvrage sur les terrains crétacés, *Hilsconglomerat* et *Hilsthon*, qui à Schœppenstedt, à Bredenbeck et à Elligser Brinckes, aux environs de Hanôvre, couvrent une grande surface. J'ai immédiatement reconnu dans ces fossiles l'*Exogyra Couloni*, le *Spatangus retusus*, l'*Avicula Cornueliana*, toutes nos térébratules et nos polypiers de l'étage néocomien si bien développé dans les départements de la Haute-Marne, de l'Aube, de l'Yonne, dans le midi de la France et à Neuchâtel. J'ai non seulement remarqué une identité complète entre les espèces de la faune, mais encore la plus grande analogie de composition minéralogique dans la masse enveloppante. En Allemagne, comme en France, on remarque, en effet, une alternance de couches bleuâtres marneuses et de calcaires marneux jaunes si semblables d'aspect que, mélangés, il serait difficile de les reconnaître.

» Après cette comparaison, M. Rœmer et moi nous sommes restés convaincus de l'identité d'âge de l'*Hilsconglomerat* et de l'*Hilsthon* de l'Allemagne avec l'étage néocomien de Suisse et de France; fait curieux qui augmente considérablement l'extension de cet étage et lui donne beaucoup plus d'importance géologique. »

M. d'Archiac demande à M. d'Orbigny si dans le Hanôvre les couches néocomiennes dont il vient de parler, et qui sont si bien caractérisées par leurs fossiles, reposent sans intermédiaire sur un ensemble de couches assez bien caractérisé et assez puissant pour pouvoir être regardé comme représentant le groupe wealdien. On aurait dans ce pays, s'il en était ainsi, une superposition et un développement de ces deux groupes beaucoup plus complet et plus précis, non seulement que sur aucun point du continent, mais encore qu'en Angleterre, où la faune néocomienne est réduite à un petit nombre d'espèces dont la distribution dans le sens vertical est même très restreinte.

M. d'Orbigny répond que, d'après ce que lui a dit M. Rømer, les couches de l'étage néocomien reposeraient sur des couches wealdiennes assez développées.

M. de Verneuil annonce que M. Dunker, de Cassel, déjà connu par des publications paléontologiques, s'occupe en ce moment d'une description des fossiles d'eau douce de la formation wealdienne, qui se présente en Hanôvre avec les mêmes caractères qu'en Angleterre. Il y a déjà longtemps, au reste, que l'existence de ces fossiles est connue, notamment au Bückeberg. Quant à la formation néocomienne, M. de Verneuil s'est convaincu qu'elle existe aussi dans ce pays; la belle collection de M. Ingler, à Hanôvre, en renferme des espèces caractéristiques, telles que la grande *Gryphæa subsinuata*, etc.

M. d'Orbigny adhère à ce que vient de dire M. de Verneuil.

M. André del Rio adresse la communication suivante :

Découverte d'un manganate nouveau (1) de cuivre et de zinc, qui a été trouvé par M. Herrera dans la halde de la mine de plomb d'Albarradon, près de Mazapil; par M. André del Rio, correspondant de l'Institut royal de France et d'autres académies.

Je croyais d'abord que c'était un manganate de zinc coloré par le cuivre; mais ayant reconnu par le moyen du chalumeau qu'il renfermait plus de cuivre que de zinc, j'en ai fait rougir au rouge obs-

(1) Il est, de dehors en dedans, vert-pistache, d'herbe et d'éme-

cur, dans un scorificateur, une drachme avec un poids égal de cyanure de potassium, dans le moufle, par le méthode de Wœhler. J'ai mis sur la matière un peu d'eau qui, en agissant comme un acide sur le manganate de potasse, développa un beau rouge de pourpre; j'ai fait ensuite dissoudre le résidu dans de l'acide chlorhydrique, et il est resté un peu de silice; j'ai fait précipiter avec du cyanure rouge de potassium, et j'ai mis de nouveau sur le précipité de l'acide chlorhydrique, qui a dissous le cyanure de zinc en laissant celui de cuivre. Dans cet état, le matras a été brisé par méprise, en sorte que l'on n'a pas pu peser les oxydes de cuivre et de zinc; je n'ai pas pu non plus répéter l'opération, faute de matière.

Il est très singulier qu'étant les possesseurs de ces productions toutes nouvelles, puisque je crois que c'est le premier manganate qu'on ait trouvé dans la nature, nous n'en ayons que des atomes, quand nous devrions en avoir des quintaux pour faire des échanges.

Son gîte est, à ce que m'a dit M. Herrera, le calcaire intermédiaire, où il se trouve avec de la galène et du molybdate de plomb en masses, tout semblable à celui de Civillina, et en petites tables carrées qui, étant enchâssées dans des plaques de quartz cellulaire translucide, donnent de beaux reflets dorés; il y a aussi des cristaux de couleur orangé, mais qui n'ont pas un pouce carré à deux lignes d'épaisseur: ils sont translucides, comme ceux de Zimapan, dont on ne trouve plus le gîte, malgré les renseignements de Sonne-Schmidt. C'est là qu'on rencontre aussi l'herrerit de M. Brooke, ou l'iodure d'argent et le porodine de Breithaupt.

Lettre de M. Caillaud à M. Michelin :

Monsieur,

Vos importants travaux en géologie et la vive part que vous prenez à tout ce qui intéresse cette science me portent à croire que vous voudrez bien accueillir la note que je vous adresse, en

raude; mamelonné; d'un éclat entre celui du verre et de la nacre; sa texture est feuilletée courbe, *très caractéristique*; il a un triple cli-vage peu obliquangle; il a de petites parties grenues enveloppées par d'autres testacées; il est plus ou moins translucide; il a une raclure gris jaunâtre; il a une dureté 6,5 à l'échelle de Breithaupt, et sa densité est 4,3.

vous priant d'en donner communication à la Société géologique de France.

Jusqu'à présent (du moins à ma connaissance) on n'avait encore observé des traces d'animaux perforants que dans des calcaires ou dans des formations sous-marines quartzeuses unies par un ciment calcaire, roches qui se trouvaient désagrégées par la dissolution du calcaire opérée par le mollusque (1).

En 1844, visitant les carrières de Lessines, en Belgique, à ma grande surprise, j'observai en beaucoup d'endroits, et toujours à la surface de la roche, des trous qui caractérisent les traces d'animaux perforants, dans un porphyre-roche protogynique ou protogyne en pâte compacte et à cristaux de feldspath; je vous en envoie deux morceaux, vous priant de les offrir à la Société géologique.

Ces trous ont peu d'analogie avec ceux que nous connaissons des animaux perforants, car ils ne sont pas rétrécis à leur ouverture. Ils pourraient cependant appartenir à des animaux de forme cylindrique, analogues aux Modioles lithophages, qui ne s'introduisaient pas plus avant, car tous ont à peu près la même profondeur.

La structure de ces trous m'a convaincu aussitôt qu'ils ont dû être perforés; on en remarque même de forme ovale et quadrangulaire, excavations naturelles de la roche où, cependant, l'intérieur a été usé, adouci dans son pourtour et arrondi en cône au fond, comme pour l'assimiler au même usage que les premiers, parfaitement circulaires, et devant provenir du perforage de quelques animaux.

On y trouve parfois une substance métallique sulfureuse pouvant provenir de la décomposition des êtres qui ont dû creuser ces trous, ou d'une substance déposée plus tard dans ces excavations.

On observe que les cristaux de feldspath eux-mêmes sont perforés, ce qui n'arriverait pas si ces trous provenaient d'une substance minérale de cette forme de cône (qui n'est pas une forme cristalline), qui aurait ainsi donné sa forme à la roche lors de sa formation, et qui, en se décomposant, aurait laissé son vide comme un moule. Telle fut la pensée d'un conchyliologiste distingué de la capitale; mais il n'en est pas ainsi : les trous sont perforés, j'en ai l'intime conviction.

(1) C'est ce que j'ai observé à Venise pour le gastrochène, où la quantité de quartz est presque égale à celle du calcaire qui agglomère la roche.

En ce moment, je suis un peu au dépourvu de ces échantillons, en ayant donné aux collections au Jardin du Roi; mais je me propose d'en donner plus tard à la Société, afin de pouvoir, s'il est possible, éclaircir ce fait curieux pour la science.

M. le Trésorier donne lecture de la note suivante de M. Fournet, et annonce, de la part de l'auteur, que cette communication sera suivie de quelques autres notes qui auront pour but de généraliser les effets du métamorphisme des roches calcaires et autres.

Notes sur les résultats sommaires d'une exploration géologique du Tyrol méridional et de quelques parties des régions subalpines de l'Italie; par M. Fournet, professeur à la Faculté des sciences de Lyon.

Il est peu de questions qui aient fait faire à la géologie des progrès plus rapides que celle de la dolomisation des roches calcaires sous l'influence des mélaphyres; en excitant de vifs débats entre les chimistes et les géologues, elle a stimulé le zèle de ces derniers, et il est résulté de leurs recherches une série de découvertes d'autant plus importantes qu'elles ont amené à donner la théorie de la formation d'un grand nombre de minéraux et de roches par la voie du métamorphisme. Mais l'histoire des sciences nous apprend que, quand l'une ou l'autre de leurs parties a fait quelques progrès, il devient nécessaire de revenir au point de départ, afin de corriger quelques imperfections qui sont la conséquence de l'inexpérience dont tout inventeur est l'esclave naturel. Cette nécessité se faisait surtout sentir vivement pour la théorie de la dolomisation, parce qu'aucune explication plausible, dans le sens chimique, ne pouvait lui être appliquée; dès lors, rien de plus naturel que de procéder à un nouvel examen des localités où elle a pris naissance, et c'est ce que j'ai entrepris de faire, non avec le désir de combattre simplement des idées accréditées, mais avec celui d'arriver à découvrir, dans les circonstances du gisement des carbonates calcaréomagnésiens, quelque chose de plus conforme à l'état actuel de la géologie. Je crois avoir été assez heureux sous ce rapport; car le résultat de mes explorations me conduit, entre autres, à déclarer que la localité si célèbre de Predazzo montre les traces les plus manifestes d'un métamorphisme énergique: seulement, je dois ajouter

que ce métamorphisme n'a rien de commun avec la dolomisation dans le sens qu'on lui a attribué dès l'origine. Mais n'anticipons pas sur la série des faits, qui, pour être compris, doivent être exposés dans un certain ordre. On mettra donc en tête les données relatives à la composition des terrains sédimentaires, au travers desquels on a supposé le passage de vapeurs magnésiennes; car on conçoit que l'hypothèse de la formation des dolomies, par suite de cette diffusion, devra être abandonnée, du moment que l'on aura établi le fait de leur interposition normale parmi d'autres roches douées de tous les caractères d'une origine purement aqueuse. Pour plus de sûreté, cette conclusion doit être corroborée par l'examen des divers phénomènes produits aux points de contact des roches sédimentaires et des roches éruptives, puisque les effets, y ayant acquis leur plus grand développement, en sont, par cela même, plus démonstratifs. Mais la nature variée de ces roches plutoniques oblige encore d'en spécifier au préalable, et avec la plus grande exactitude possible, les divers groupes; autrement il pourrait y avoir quelque confusion dans les rôles respectifs. Ainsi donc les détails concernant les roches sédimentaires seront suivis de la classification des roches ignées, et je terminerai par l'exposé des réactions déterminées par le contact réciproque, en évitant, toutefois, d'entrer, pour ces diverses parties, dans les développements circonstanciés, qui trouveront leur place dans le Mémoire spécial dont la note actuelle ne doit donner qu'une idée sommaire.

La détermination de la disparition des dolomies et des autres roches des terrains sédimentaires a été faite avec une exactitude suffisante pour le but proposé, à l'aide de diverses coupes plus ou moins étendues prises au monte Baldo, à Trente, à Cavalèse, à Moëna, à Vigo, à Campetillo, à Seiss, et enfin au mont San-Salvatore, près de Lugano. En voici les résultats :

- | | |
|---------------|---|
| | 1° Suite de marnes; de calcaires brunâtres, à cassure inégale, subesquilleuse; de calcaires blonds et de calcaires oolithiques formant une masse très puissante. |
| | 2° Grès. |
| Formation | 3° Calcaires brunâtres avec Nummulites. |
| nummulitique. | 4° Calcaires sublamelleux comme s'ils renfermaient des débris de Crinoïdes. |
| | 5° Calcaires grisâtres ou blanc sale, plus ou moins schistoïdes, oolithiques ou compactes. Une partie de ces calcaires pourrait bien appartenir à l'étage jurassique. |

- | | |
|---|--|
| Formation
jurassique. | 6° Calcaires blancs compactes. |
| | 7° Dolomies blanches, cristallines, en belles assises régulières, passant vers le haut à des calcaires blancs compactes, veinés de dolomie subcristalline. Le sommet de la colline Santa-Agatha, près de Trente, est entièrement formé par un lambeau de ces assises. |
| | 8° Calcaires rouges à cassure pierreuse ou compacte, contenant des <i>Aptichus</i> et des Ammonites jurassiques. Cet étage est maintenant très connu à cause de sa constance. |
| Formation
du grès bigarré
et du
muschelkalk. | 9° Assises d'un calcaire tantôt compacte, tantôt fendillé, drusique, subcristallin, souvent dolomitique et d'une stratification confuse; couleurs généralement pâles, blanchâtres, grisâtres ou blondes. Cette série joue un très grand rôle dans la configuration des montagnes tyroliennes, à cause de sa puissance et de son état de fissuration; c'est aussi celle qui a été le plus souvent citée à l'appui de la théorie du métamorphisme. |
| | 10° Alternance complexe de grès, de marnes de diverses couleurs, de calcaires compactes et de dolomies cristallines, à laquelle s'associe quelquefois du gypse. |
| | 11° Conglomérat rouge avec cailloux de porphyre quartzifère et d'autres roches cristallines plus anciennes. |

Relativement à ce tableau, je dois faire observer que l'existence des grès bigarrés et du muschelkalk, primitivement admise dans le Tyrol, puis niée, se trouve maintenant fortement appuyée par les observations les plus récentes de MM. Studer, Villa, Catullo, etc. A défaut d'un concours aussi efficace, j'aurais néanmoins soutenu cette partie du classement, par les mêmes motifs qui m'ont porté à annoncer l'extension du muschelkalk depuis Lyon jusque dans le Languedoc et dans le Rouergue. Il est même digne de remarque que les roches triasiques conservent, depuis l'Allemagne jusque dans les contrées méditerranéennes de la France et du Tyrol, des caractères minéralogiques plus constants que ne le sont ceux de la formation jurassique à laquelle on a essayé de les rattacher: aussi n'est-ce pas sans une vive satisfaction que j'ai vu M. Studer être frappé comme moi de cette similitude. Quelles que soient, cependant, les idées que l'avenir amènera relativement aux trois divisions principales indiquées ci-dessus, mes conclusions relativement à la dolomisation n'en seront nullement infirmées; car elles

sont basées sur l'intercalation normale des dolomies dans les roches sédimentaires de la contrée, bien plus que sur le rang qu'on voudra assigner à ces roches dans l'ensemble géognostique.

Passant maintenant à la discussion des données qui résultent de l'étude minéralogique de ces séries, je ferai remarquer que, sauf les cas exceptionnels dont il sera question plus loin, les calcaires, les grès, les marnes et les conglomérats de tous ces étages ont un caractère d'intégrité qui exclut de leur formation le concours d'actions autres que celles de la cristallisation ou de la sédimentation purement aqueuse. Mais puisque les dolomies sont interposées d'une manière régulière, et à plusieurs reprises, entre ces couches nullement métamorphiques, elles ont nécessairement une origine aqueuse comme leurs congénères, et, pour faire admettre le contraire, il faudrait commencer par expliquer de quelle manière les vapeurs magnésiennes auraient traversé toutes ces masses, dont la puissance s'élève à plusieurs centaines de mètres, en ne s'arrêtant que dans quelques couches privilégiées, et sans laisser de traces de leur passage dans les autres. Il faudrait encore faire comprendre comment ces mêmes vapeurs auraient pu pénétrer au travers de bancs souvent très compacts, de manière à choisir ceux pour lesquels elles avaient quelque affinité, tandis que la pression est, relativement à la vaporisation, un obstacle dont on connaît maintenant assez l'influence dans les phénomènes géologiques.

Si, au contraire, on admet la division précédente des terrains, et si l'on se rappelle aussi que les nombreuses analyses de M. Gmelin ont établi l'existence de la magnésie dans les formations triasiques de contrées à l'égard desquelles on n'a jamais admis de traces d'une action plutonique, on verra qu'il n'y a aucune nécessité qui puisse déterminer à invoquer une vaporisation quelconque de la magnésie dans la formation des dolomies du Tyrol, dont les caractères aqueux sont les mêmes que ceux des dolomies d'Allemagne. Cependant les dolomies d'origine aqueuse n'étant pas si exclusivement propres au trias qu'on n'en retrouve çà et là des masses importantes dans diverses séries d'époques différentes, rien n'empêche de concevoir la récurrence de la même roche après le dépôt du calcaire rouge jurassique de Trente.

La dolomie du Tyrol est, dit-on, fendillée, caverneuse et cristalline; mais ces caractères se retrouvent dans presque toutes les autres dolomies dont on n'a jamais mis en doute l'origine aqueuse. Il n'y a donc aucune conclusion à tirer de ces états en faveur d'un remaniement plutonique. On remarque encore dans le Tyrol que la caverneuse et la fissuration sont surtout développées dans les grandes

masses, tandis qu'il existe, dans les marnes du grès bigarré et sur le calcaire rouge, des banes dont l'état cristallin est bien plus prononcé que celui de la grande assise de musehalkalk, et qui, néanmoins, affectent un état de cohérence parfait dans toutes leurs parties. L'état de fissuration et l'état géodique prouvent donc simplement que la matière de la roche a pu subir, pendant sa consolidation après son dépôt aqueux, des retraits qui ont été naturellement plus sensibles sur les grandes masses que sur les petites; mais vouloir en conclure l'influence d'une cause calorifique serait se jeter en dehors des faits: car cette influence aurait dû se faire sentir aussi sur les marnes, sur les grès et sur les calcaires compactes qui encaissent ou qui séparent les dolomies, circonstance qui n'est nullement accusée par l'état des masses, ainsi qu'on ne saurait assez le répéter.

Les rochers composés de dolomies présentent des aspects bizarres. Ne doit-on pas voir en cela le résultat des effets combinés de l'action ignée et du soulèvement? Oui! Aucun pays n'offre des accidents orographiques comparables à ceux du Tyrol; mais ils sont la conséquence pure et simple des érosions aqueuses. Il est facile de s'en convaincre en observant que ces quilles, ces pyramides, ces tours et ces obélisques sont toujours en tête d'un torrent qui, en corrodant les marnes et les grès friables, a enlevé successivement quelques points d'appui au grand banc de musehalkalk superposé; de là des éboulements qui, favorisés par l'état de fendillement de cette roche, ont dû nécessairement déterminer des configurations plus ou moins extraordinaires. Par contre, là où ces torrents n'existent pas, l'assise en question peut bien présenter des tranches hardies, des précipices inaccessibles, mais qui ne sont ni plus hardies ni plus inaccessibles que dans le cas de toutes les grosses assises sédimentaires. Si d'ailleurs on prend des alignements convenables, on s'assure bientôt que les sommets de ces dentelures, quelque étonnantes qu'elles paraissent au premier aspect, ne dépassent jamais le niveau général de la grande assise à laquelle elles sont accolées; donc elles n'accusent pas la position d'un point spécial de soulèvement, mais un simple effet de démantèlement qui en a fait un membre détaché d'un plus vaste ensemble.

Les observations précédentes, déjà faites, en partie du moins, par MM. de La Bèche, Hoffmann, Fuchis, Petzholdt, de Filippi, Villa et divers autres géologues, auront sans doute déjà ébranlé quelques convictions, comme elles ébranlèrent la mienne: cependant il fallait aussi tenir compte du rôle des roches éruptives. Leur étude a démontré qu'elles se divisent en trois groupes, savoir: celui des

porphyres quartzifères, celui des roches amphiboliques, enfin celui des mélaphyres, et je vais énoncer les principales conclusions auxquelles j'ai été amené pour chacun d'eux.

La majeure partie des porphyres quartzifères est évidemment plus ancienne que le trias, puisque le conglomérat rouge qui en forme la base contient les débris de ces porphyres : cependant, autour de Lugano, on découvre quelques apparences telles que l'on peut aussi supposer des éruptions porphyriques qui auraient traversé le système triasique, circonstance qui n'aurait du reste rien d'extraordinaire, car l'on connaît en Allemagne diverses intercalations du même genre. Quoi qu'il en soit de ce fait, peut-être local, le rôle des porphyres quartzifères dans la constitution géologique de la contrée est très remarquable à cause de leur énorme extension. Non seulement ils se développent largement en amont de Trente, dans les vallées de l'Adige, de l'Àvisio, du Travignolo et de San Pellegrin, mais ils reparaissent encore sur les bords du lac de Lugano, puis dans le Val-Gana, et enfin ils forment des saillies considérables depuis le lac Majeur jusque vers Biella, en Piémont. Diverses variations dans leurs caractères ont été la cause de quelques confusions avec les mélaphyres, et de là dérive la prépondérance que l'on a voulu attribuer à ces derniers dans les effets des soulèvements alpins ; mais c'est à tort : car je me suis assuré d'une manière spéciale que les roches de Cembra, de Maroggia, de Morcote, de Figino, du Val-Gana et du Mont-Argentera, près de Ponte Frésa, ne présentent aucune trace de mélaphyres. Des porphyres quartzifères, des argilophyres quartzifères, ne sont pas des mélaphyres, par la simple raison qu'ils sont plus ou moins brunâtres. Jamais, par exemple, on n'a donné le nom de Mélaphyres aux porphyres quartzifères de teinte foncée qui sont si communs autour de Tarare, et cependant il n'y a rien de plus dans les diverses parties susmentionnées de l'Italie ; les caractères de ces porphyres quartzifères subalpins sont même bien plus nets que ceux des roches d'Oberstein, sur lesquels j'ai déjà insisté dans une autre occasion. Il est d'ailleurs facile de se convaincre que les porphyres à pâte euritique se lient, par une série d'intercalations et de transitions, au granite de Baveno, en sorte que celui-ci devient un cas particulier du porphyre granitoïde de M. Gruner. Ces faits, déjà annoncés par M. Hoffmann pour les roches de la presqu'île de Morcote, se trouvent donc généralisés par mes observations ; et quant à ce qui concerne plus spécialement les intercalations du porphyre rouge dans le mélaphyre du ravin de Melano, on peut dire qu'elles ne sont que des illusions occasion-

nées par des effets particuliers de kaolinisation. On peut, en effet, constater sur le lieu même le passage de ces kaolins à teinte foncée aux porphyres quartzifères sains et simplement bruns, en sorte que l'on arrive à cette conclusion capitale, savoir : qu'il n'y a pas plus ici qu'ailleurs des alternances entre les éruptions des mélaphtes et celles des porphyres quartzifères. Ces formations sont respectivement indépendantes les unes des autres ; elles sont chacune de leur temps, et cette simplification dans l'histoire des roches éruptives ne sera sans doute pas dédaignée par les géologues.

Les roches amphiboliques sont très variées en texture et en composition, non seulement d'un massif à l'autre, mais encore dans les diverses subdivisions d'un même massif : cependant on peut, en général, les désigner sous le nom de Diorites ou de Syénites. Les endroits sains de ces roches, tels qu'on peut en trouver au Monzoni et à Predazzo, montrent que la partie feldspathique y est représentée par un labrador chatoyant. L'amphibole existe seule dans quelques points ; mais comme elle est sujette à s'effacer, on arrive quelquefois à des protogynes, ou bien à des espèces de porphyres quartzifères analogues à ceux qui se reproduisent dans les formations équivalentes de la Toscane et des environs du Mont-Blanc. Ces mêmes roches offrent encore, à Theiss, le phénomène très remarquable du passage à un état amygdaloïde tellement complet, qu'on y trouve alors des géodes semblables à celles d'Oberstein ; enfin, elles dégénèrent çà et là en serpentines, autre genre de transition qui suffit pour déterminer leur classement dans le grand groupe serpentineux, qui a joué un rôle si important dans les soulèvements alpins. Après ces détails généraux sur la composition, rappelons ce qu'on sait du gisement de ces roches dans la contrée. Elles forment d'abord, au-dessus de Clausen, un vaste massif qui traverse les micaschistes ; la roche de Monzoni, ainsi que le granite de Predazzo, rentre dans le même système ; il doit en exister d'autres saillies dans quelques points du haut de la vallée de l'assa, conjecture qui est basée sur le nombre des blocs roulés que l'on rencontre près de Campitello. Enfin, M. de Buch indique une dernière grande protubérance syénitique qui est située entre les vallées de l'Avisio et de la Brenta ; c'est celle qui constitue entre autres la Cima d'Asta. Indépendamment de l'importance qu'elles acquièrent à cause de cette extension, ces roches méritent encore une attention toute spéciale par suite du rôle qu'elles ont joué dans les métamorphismes de Predazzo et de Monzoni ; enfin on remarquera que c'est autour d'elles que sont distribués divers gîtes métallifères de la contrée.

Les mélaphyres, abstraction faite des parties kaolinisées et rubéfiées, sont des roches noires, pyroxéniques, qui, placées en Auvergne, prendraient les noms de basalte et de dolérite; les cristaux aciculaires feldspathiques que l'on trouve dans les mélaphyres du Monte Bufauro et de quelques autres localités du Tyrol, existent aussi dans quelques uns des basaltes qui ont traversé les trachytes des Monts-Dores; les pyroxènes sont identiques de part et d'autre. Le périclase s'y montre au Mont-Baldo comme dans les roches équivalentes des environs de Clermont; les zéolithes, les mélaphyres de Fassa, ont aussi leurs représentants dans les méso-types du puy de Corent; enfin, des parties considérables des mélaphyres du Duron et du Bufauro ne sont que des tufs bréchoides analogues à ceux qui se montrent en si grandes masses dans divers points du plateau de la France centrale. Cette dernière circonstance est importante, parce qu'elle tend à établir que l'émission des mélaphyres du Tyrol s'est effectuée dans un grand nombre de cas, à une époque où ils étaient déjà parvenus à un état de consolidation passablement avancé, et, par conséquent aussi, refroidis jusqu'à un certain degré, et ce fait pourra servir à expliquer leur nullité d'action comme agents de métamorphisme. En élaguant les roches syénitiques et porphyriques, ainsi que les masses métamorphiques qui ont été confondues avec les mélaphyres, il reste comme stations de ceux-ci, le Monte-Baldo, quelques points des environs de Trente, le voisinage de Forno et de Moëna, enfin la puissante éruption qui occupe en partie l'espace compris entre Vigo et Buflatsch. Mais, même en réunissant par la pensée ces diverses masses, de manière à en former un tout suivi, on voit que celles-ci ne figureraient qu'un point comparativement à la vaste étendue des dolomies stratifiées. On pourrait donc, au besoin, voir encore dans cette seule circonstance un motif pour récuser leur influence dans l'acte de la dolomisation; car rien ne démontre que les vapeurs puissent cheminer au travers des roches à des distances de plusieurs dizaines de lieues; on va voir d'ailleurs que les mélaphyres n'ont pas même exercé leur influence sur des épaisseurs de quelques centimètres.

Le premier point que j'aie étudié sous ce rapport est le Monte-Baldo. Ce vaste massif, composé de calcaires jurassiques et nummulitiques, que les soulèvements ont échelonnés à diverses reprises les uns au-dessus des autres, est couronné par l'Altissimo, haute cime dans laquelle un calcaire tantôt pierreux, tantôt oolithique, est supporté par un puissant épanchement de mélaphyre à terre verte. Cette disposition paraissait éminemment favorable

pour le développement d'une action métamorphique : aussi je me hâtai d'arriver aux escarpements, et je pus atteindre un point où les éboulis ne marquaient pas un intervalle de 6 mètres entre la roche sédimentaire et la roche éruptive. Cette distance était certes bien faible pour le grand phénomène dont on suppose l'existence, et pourtant l'oolithe était là aussi intacte, aussi peu cristalline que partout ailleurs dans la montagne ; à plus forte raison, le calcaire rouge qui apparaît en des points un peu plus éloignés du mélaphyre devait-il manifester la même nullité d'action, et il la manifestait en effet, quoiqu'on le suppose capable d'être dolomisé.

Le second point où le mélaphyre aurait dû jouer un rôle est celui de Cognola, au-dessus de Trente ; la roche éruptive y traverse le calcaire rouge, et là, comme au Monte-Baldo, il n'y a rien de changé, rien de cristallin ; la texture pierreuse, ainsi que la couleur, est conservée dans toute son intégrité, quoique des actions mécaniques assez intenses soient indiquées par divers dérangements dans l'allure locale des strates. Des alignements et des coupes prouvent d'ailleurs que les dolomies de Santa-Agatha, qu'on a supposées s'être développées sous l'influence de cette même éruption, n'ont aucun rapport avec elle, mais qu'elles sont le prolongement des couches régulières qui reposent plus loin sur le calcaire rouge. Enfin, il est facile de voir que ce cône ne doit son isolement qu'à la puissante érosion diluvienne, dont les traces sont indiquées par les énormes blocs de porphyre quartzi-fère et des autres roches qui sont délaissés sur tous les cols environnants.

Le troisième point existe encore dans les environs de Trente, mais au-dessus du village de Martignano. Là une éruption de mélaphyre constitue un filon assez puissant et presque vertical, qui a soulevé les calcaires rouges placés sur la gauche, de manière à les porter plus haut que les calcaires nummulitiques qui flanquent sa droite. Cette action mécanique a donc été très intense, et pourtant, si l'on suit de part et d'autre les contacts qui sont très fréquemment à nu, on s'assure que ni les bancs calcaires qui touchent le mélaphyre, ni même les blocs qui y sont empâtés ne manifestent aucune altération sensible, si ce n'est peut-être une plus grande fissuration. La dolomie la plus voisine est déjà passablement éloignée du mélaphyre, et, comme celle de Santa-Agatha, elle est simplement dans sa position normale au-dessus du calcaire rouge.

Le quatrième point se trouve au Monte-Bufauro, vis-à-vis de

Vigo. J'en avais espéré des résultats majeurs, à cause de la puissance des mélaphyres, dont les épaisses masses verticales séparent le terrain stratifié en tranches non moins épaisses. Cependant l'état physique des grès et des marnes ne diffère en rien de celui des mêmes roches lorsqu'elles se trouvent éloignées des mélaphyres. Les calcaires ont de même conservé leur couleur blonde et leur cassure compacte. C'est là du moins le cas général; car, à force de chercher, je suis parvenu à trouver des fragments calcaires de la grosseur du poing qui, étant empâtés dans les mélaphyres, ont éprouvé sur leur circonférence une fusion telle qu'ils ont pris une écorce cristalline rougeâtre, dont l'épaisseur de 2 à 3 millimètres indique la limite de l'action calorifique; d'autres échantillons laissent voir des larmes et des gouttelettes de mélaphyre, qui ont pu pénétrer dans l'intérieur du calcaire en profitant probablement de quelques fissures. Mais des effets du même genre se montrent aussi en France, par exemple au col de l'Escrinet, où les calcaires jurassiques sont traversés par les basaltes, et jamais on n'en a tiré un argument en faveur de la dolomisation; d'ailleurs ni les uns ni les autres ne se prêtent à aucune conclusion de ce genre à cause de leur exigüité.

D'autres gîtes, tels que ceux de Moëna, de Campitello et de Cipit, où les mélaphyres ont pareillement disloqué et traversé les marnes, les grès inférieurs ou les calcaires, offrant des résultats tout aussi négatifs, je n'insisterai plus que sur les phénomènes qui se manifestent au haut de la vallée du Duron. Là, les rochers déchirés qui surgissent devant l'observateur semblent indiquer une fissuration des plus énergiques qui aurait été occasionnée par les effets de la chaleur émanée des mélaphyres. Je jugeai donc nécessaire, malgré les déceptions précédentes, d'aller reconnaître ce qui s'était passé au contact, et, pour palper ces roches, j'ajoutai une centaine de mètres aux mille que j'avais déjà gravis. Dans ces escarpements culminants, les calcaires de la grande assise reposent de la manière la plus nette sur le mélaphyre; on trouve même des points où ils sont bouleversés et traversés par de gros filons de cette roche plutonique; elle empâte encore, çà et là, des blocs de ces mêmes calcaires, et, malgré ces conditions essentiellement favorables pour les effets métamorphiques, je n'ai pu trouver autre chose que des masses ayant la physionomie la plus normale possible, car à peine quelques parties montrent-elles des traces de rubéfaction. En résumé, les mélaphyres sont encore ici d'une extrême innocuité, et pourtant voilà un massif de ces roches d'environ 2 lieues de diamètre, qui, sur son dos comme sur ses flanes, n'a pu développer

que d'insignifiantes actions. Concluons donc, encore une fois, que la dolomisation ne s'est pas effectuée sous leur influence, et qu'en définitive, ces résultats, combinés avec le fait de la stratification normale des dolomies, achèvent de démontrer que celles-ci doivent leur origine à un phénomène purement aqueux, identique avec celui qui s'est produit dans les contrées triasiques de la France et de l'Allemagne. Ces observations ont déjà été faites, en partie, par M. Bertrand-Geslin, et j'ignore les objections qu'on a pu lui adresser. On a bien expliqué comment il pouvait se faire que des roches puissent se montrer dolomitiques en des points où les méla-phyres sont supposés masqués par des recouvrements de roches, et la chose était facile dans cette hypothèse; mais il fallait expliquer aussi pourquoi il ne s'est rien produit au contact immédiat, car c'est là que se trouvait la difficulté. Je conçois bien que cette nullité d'action puisse se manifester en quelques endroits par suite de causes purement locales; mais quand elle est générale, quand elle se montre en grand comme en petit, alors il ne reste plus qu'à renoncer à l'espoir d'établir une théorie qui serait continuellement en contradiction avec les faits.

Rappelons maintenant que j'ai dit, en débutant, que des métamorphismes intenses se montraient dans la vallée de Fassa; il s'agit donc de les faire connaître.

Si l'on étudie le terrain triasique à Cavalèse et à Moëna, on le trouve dans un état parfaitement normal, et Predazzo se trouve entre ces deux stations, se rattachant à chacune d'elles par des lignes de stratification suffisamment apparentes, malgré les dislocations, pour qu'il soit facile de constater qu'aucune différence d'âge ne peut exister entre les roches des trois localités. Cependant, si l'on gravit, à Predazzo, les rampes des Caucocoli, du Tovo del Gaggio et du Tovo di Vena, on trouve une masse considérable de syénite qui a disloqué de diverses manières les grès et aussi la grande assise du muschelkalk qui leur est superposée. Il en résulte qu'un lambeau considérable de ce calcaire dolomitique s'incline dans la syénite depuis les falaises des sommités jusque vers le bas des escarpements, où il disparaît sous les éboulis et la végétation. D'autres fragments de la même assise sont complètement empâtés dans la roche éruptive, et tous les calcaires ainsi enveloppés ont perdu de la manière la plus complète toutes les traces de leur physionomie originale. Ce ne sont plus des calcaires compacts, subcristallins, blonds ou grisâtres, mais des marbres dont on a tenté l'exploitation à la Cava di Marmo. Dans les points où ceux-ci sont purs, ils ont pris la plus grande blancheur, une certaine

translucidité, une dureté assez forte, ainsi qu'un tissu cristallin général et développé d'une manière plus ou moins large. Diverses autres parties sont veinées de gris, et toutes ces nouvelles manières d'être leur ont valu de la part de M. Petzholdt le nom de *predazzit*, nom qui, sans être bien nécessaire, peut du moins être accepté pour distinguer ces roches remaniées plutoniquement d'avec les dolomies purement sédimentaires dont elles dérivent. En effet, tout indique que la haute température des syénites enveloppantes a provoqué dans le calcaire un ramollissement qui a été suivi d'une cristallisation spathique, et, si la *predazzit* est magnésienne, ainsi que cela est démontré par quelques analyses de MM. Léonardi et Petzholdt, il faut y voir, non un effet quelconque de cémentation magnésienne, mais bien la simple fusion d'un muschelkalk déjà magnésifère.

Ce métamorphisme, très simple quand on se contente de l'envisager ainsi en masse, se complique d'ailleurs dans ses détails; c'est ainsi qu'aux Canzocoli les parois du calcaire sont imbibées sur une certaine épaisseur par une matière serpentineuse provenant de la roche des parois; non loin de là, ce même calcaire contient de l'amphibole; enfin, plus haut, la réaction a encore été plus intime, en sorte que, de la combinaison de quelques uns des éléments du calcaire et de la syénite, il est résulté un développement d'idocrase, minéral dont les belles recherches de M. Berthier ont démontré la facile formation tant dans les laitiers des hauts-fourneaux que dans les creusets brasqués.

Mais les modifications du grès, des dolomies et des marnes inférieures au muschelkalk, sont encore bien plus dignes de remarque. Au Tovo del Gaggio, où la distance de la syénite est assez sensible, ces roches ont conservé la régularité de leur stratification, et l'on voit dans leur ensemble des bancs d'une dolomie cristalline, esquilleuse, dure comme le marbre, mais moins blanche, qui alternent avec des roches siliceuses veinées de zones brunes, grises ou verdâtres, disposées parallèlement aux feuillets du terrain. Quelquefois ces veines s'interrompent en s'infléchissant de manière à former comme des gouttes ou des larmes qui auraient coulé dans les masses pierreuses; le centre de ces larmes est ordinairement amphibolique, tandis que le reste de la pâte, qui a acquis une grande dureté et un tissu esquilleux, constitue un jaspe de fusion pareil à celui dont j'ai déjà fait connaître depuis longtemps le gisement aux environs de Tarare. Cet état jaspé se dessine d'une manière remarquable jusque dans un banc dolomitique qui a pris un tissu compacte, une cassure largement conchoïde, et dont le fond gri-

sâtre présente des veines noires assorties de manière qu'elles ont valu à la roche le nom de *marmo fiammato nero* (marbre noir flambé), dénomination sous laquelle il a été exploité pour le dallage de l'église de Predazzo.

Dans le Tovo di Vena, ces mêmes assises de grès et de marnes reposent directement sur la grande masse syénitique : aussi la modification a été plus complète que dans le cas précédent. En effet, les roches, tout en conservant cependant les indices de leur ancienne stratification, sont excessivement dures, compactes, fissurés verticalement, généralement noires, avec des parties chargées d'épidote, d'amphibole ou d'uralite, et celui-ci se trouve distribué dans la pâte de manière à constituer des masses à aspect porphyroïde. N'ayant point trouvé dans cet ensemble les bancs minces de dolomie de la station précédente, je suis porté à croire qu'ils ont disparu par suite de la diffusion de leurs éléments avec ceux des marnes et des grès ; mais je laisse le soin de lever ce doute aux géologues qui voudront vérifier mon exploration de ce gîte ; quant à ceux qui connaissent déjà les difficultés de l'emplacement, ils m'excuseront de n'avoir passaisi une à une toutes les assises. En gagnant le haut de ce Tovo, on arrive aux parties de la grande assise de muschelkalk qui reposent immédiatement sur ces marnes métamorphiques, et on voit qu'elles ont aussi pris les textures cristallines de la predazzit des Canzocoli ou de la Cava di Marmo, et que, d'ailleurs, de gros filons syénitiques, en pénétrant jusque là, indiquent suffisamment la cause de ce redoublement d'intensité dans les effets du métamorphisme.

Le Monte-Mulatto, situé dans l'angle formé par les vallées du Travignolo et de Fassa, présente la même série de phénomènes ; car la syénite y forme pareillement d'énormes filons qui découpent l'étage marneux en prismes gigantesques, et, si l'on s'avance jusqu'à la base des escarpements supérieurs, qui constitue la haute arête dite *Corda di Viezana alle corone*, on s'assure que la base de la grande assise du muschelkalk supérieur est aussi convertie en marbre salin analogue à la predazzit.

Il en est de même encore au Monte-Mulazzo, qui forme le troisième côté du cirque dans lequel est placé le village de Predazzo, car les syénites sont encore là pour rendre raison de tous ces métamorphismes ; mais dès qu'on s'éloigne de leur centre d'éruption, ils s'effacent peu à peu, et l'on peut se convaincre facilement de ce retour à l'état normal, en étudiant, entre autres, la série des diverses roches qui viennent successivement s'abaisser au niveau du fond de la vallée de Fassa, vers Forno.

La montagne de Monzoni est formée par un autre massif syénitique sur lequel reposent des lambeaux calcaires : aussi on y retrouve, au contact des deux roches, les mêmes fusions et cristallisations qui caractérisent le gîte à idocrase de Predazzo. Le développement cristallin y est même plus varié, car les idocrases s'y mêlent à des gehlénites, à des pyroxènes verts, à des pléonastes et à diverses pâtes silicatées indéfinissables.

Tant de faits, si fortement accusés, suffisent pour faire voir que c'est aux roches syénitiques qu'on devra rapporter les effets qu'on avait cru devoir attribuer aux mélaphyres par suite d'une confusion qui ne vient probablement que de ce qu'on a pris les marnes jaspées pour des mélaphyres, à cause de leur couleur noire. Mais ces marnes ne sont pas des mélaphyres, et ce qui le prouve, ce sont les indices de stratification qu'elles ont conservés avec une certaine netteté ; ce sont les bancs calcaires qui y sont encore intercalés, du moins en certains points ; ce sont, enfin, les passages qui ramènent ces roches métamorphiques à leur état normal, quand on s'éloigne des massifs syénitiques.

Ce résumé d'un travail beaucoup plus développé que je me propose de publier sur le même sujet, suffira pour faire voir de quelle manière M. de Buch a été conduit à proposer la théorie de la dolomisation. Cédant à cette tendance naturelle qui pousse à la généralisation tous les hommes aux vues grandes et larges, il a rattaché aux calcaires de Predazzo, devenus cristallins, tous les calcaires subcristallins sédimentaires de la contrée ; dans les marnes cuites, devenues noires, jaspées, et aussi plus ou moins cristallines, il a cru retrouver ses mélaphyres. Les mélaphyres soumis à la rubéfaction deviennent roux comme les porphyres : de là l'adjonction des porphyres quartzifères rouges aux porphyres pyroxéniques ; de là encore la vaste extension de la cause métamorphisante, et par conséquent une conception plus facile de sa théorie. Cependant n'oublions pas que celle-ci remonte à une vingtaine d'années, et que, dans l'époque actuelle, les faits s'accumulent avec rapidité ; les classements deviennent donc plus rigoureux, et des réformes en sont la conséquence. Mais si, au milieu de ces changements de position, il reste des bases positives, inébranlables, c'est toujours à celui qui les a signalées que revient toute la gloire. Loin donc de voir dans les mutations un sujet quelconque de dépréciation de son mérite, on doit, au contraire, admirer la puissante perspicacité dont il a fait preuve en entrevoyant, presque à la naissance de la science, une série de faits qui, pour d'autres, seraient demeurés dans l'obscurité. La théorie de Werner sur les filons était aussi beaucoup trop gé-

nérale, et personne ne condamne Werner; de même personne ne condamnera l'infatigable géologue dont nous avons cherché à régulariser, et non à détruire une doctrine, différant essentiellement en cela de ceux qui ont simplement combattu ses aperçus, sans rien substituer à leur place.

M. Virlet fait observer que les faits cités par M. Fournet, d'injections de roches ignées au milieu de roches neptuniennes, sur lesquelles elles ont exercé si peu d'influence, viennent confirmer les opinions qu'il a émises aux réunions de Chambéry, savoir : que le métamorphisme des roches n'était pas dû, comme on le suppose ordinairement, au surgissement des masses ignées, qui ont, en général, exercé fort peu d'influence sur les massifs encaissants, mais bien plutôt aux émanations gazeuses qui ont été la conséquence de ce surgissement. C'est à ces émanations que sont dus les filons souvent si nombreux qui existent dans le voisinage des principales lignes de fracture des terrains. (Voy. *Bull. de la Soc. géol.*, 2^e série, t. I^{er}, p. 827.)

Quant à la question de la dolomie traitée par M. Fournet, M. Virlet pense aussi depuis longtemps que beaucoup de dolomies, comme, par exemple, celles qui existent en France au milieu des marnes irisées, en bancs si bien stratifiés, sont de ce nombre; mais il croit aussi qu'il faut bien se garder de confondre la plupart des calcaires magnésiens sédimentaires, où la magnésie peut se trouver en toutes proportions, avec la *dolomie* proprement dite, qui est un double carbonate de chaux et de magnésie à proportions bien définies, et dont la formule est $\text{CaC} + \text{MaC}$. M. Virlet rappelle que, dans une note théorique sur la formation ignée des dolomies par voie de double décomposition chimique, adressée à l'Académie des sciences en 1836 (Voir le *Guide du géologue*, par A. Boué, t. II, p. 470), il a parfaitement établi cette distinction. Sans contester donc des faits qui paraissent si bien observés par M. Fournet, il ajoute qu'il pense que, de même qu'il y a des calcaires plutoniques, il peut y avoir aussi des dolomies d'origine éruptive. Quant aux dolomies qui auraient pu se former par épigénie, il rappelle que M. de Genevez, qui avait aussi étudié la question dans les localités examinées par

M. de Buch, avait préparé un grand travail à ce sujet, et qu'il lui avait dit que de nombreuses analyses chimiques lui avaient démontré que ces masses dolomitiques repassaient, suivant le degré de transformation, à de véritables calcaires, en sorte que ces calcaires avaient donné lieu, suivant lui, à une véritable dolomie, par suite d'un *métamorphisme épigénique*.

M. Leymerie regarde comme superflue la partie du Mémoire de M. Fournet qui est relative aux dolomies régulièrement stratifiées; car tout le monde admet que ces dernières sont, dans la plupart des cas, le résultat d'un dépôt immédiat de double carbonate de chaux et de magnésie.

Il pense que M. Fournet cite à tort le muschelkalk dans le midi de la France, hors du département du Var, où il est indiqué avec juste raison sur la carte géologique de France; il croit pouvoir affirmer notamment que cette assise n'existe pas dans le Lyonnais ni dans le Rouergue. Ces contrées offrent très fréquemment des calcaires jurassiques et particulièrement infra-liasiques à l'état compacte, qui ressemblent beaucoup au muschelkalk, et que M. Fournet a pu prendre pour tel, s'en rapportant aux caractères minéralogiques.

M. Virlet réplique à M. Leymerie qu'il a observé dans les Cévennes, en face des usines et des mines de Bessèges (Gard), un calcaire gris-jaunâtre qu'il considère comme du muschelkalk; du moins sa position au-dessous des arkoses et des marnes irisées peut le faire supposer, car il n'y a reconnu aucun fossile qui puisse faire décider son âge d'une manière positive.

M. Delanoue, au sujet du mémoire de M. Fournet, présente les observations suivantes :

« Je n'ai pas visité, dit-il, les localités dont parle M. Fournet, mais je suis allé tout exprès vérifier les assertions des auteurs sur une terre non moins classique, les Alpes Liguriennes et le golfe de la Spezzia. Sur une multitude de points de cette contrée, des masses informes de serpentine ont surgi en soulevant les couches stratifiées. Les bancs de calcaire noirâtre à veines blanches, analogue au marbre de *Porto Venere* possédaient, à l'époque du soulèvement, une mollesse telle qu'ils se sont souvent moulés sans se rompre sur toutes les sinuosités de la roche soulevante, qu'ils recouvrent en manteau; le calcaire et la matière organique colorante n'ont même

pas été altérés au contact de la roche magnésienne. Mais j'ai vainement cherché la trace des phénomènes analogues qui auraient eu lieu à la Spezzia, par suite de l'épanchement de la dolomie, s'il faut en croire les auteurs (1).

Sur toute la côte le relèvement des couches est général, et la dolomie s'y trouve intercalée, comme en France, dans des couches parallèles et très régulières de grès et de calcaires coquilliers (Bélemnites, Ammonites pyritisées); mais nulle part on ne voit trace de cette dolomisation postérieure du calcaire, que tant de géologues, si bons observateurs d'ailleurs, nous ont signalée, sans jamais apporter la moindre preuve à l'appui d'une aussi étrange métamorphose. »

Le secrétaire donne lecture des communications suivantes de M. de Roys.

Château de Saint-Ange, 22 octobre 1845.

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous transmettre quelques détails sur l'exploration nouvellement faite dans le terrain houiller à Toulon même. L'importance de ce bassin, qui paraît aujourd'hui promettre une exploitation productive dans notre premier port militaire de la Méditerranée, m'a fait penser que la Société géologique accueillerait la courte notice ci-annexée.

J'y ai joint une note sur un terrain composé de plusieurs alternances de calcaire magnésien, de marnes et de grès, rapporté par la carte géologique de France à l'infra-lias, par M. Leymerie et par les exploitants de houille du Midi au keuper, et qui par ses analogies me paraît devoir être plutôt rapporté au zeichstein.

Notice sur le terrain houiller de Toulon.

On connaissait depuis longtemps l'existence d'un lambeau de terrain houiller près de Toulon. On l'observait sur une longueur d'environ 2 kilomètres et une largeur de 100 à 150 mètres, adossé aux schistes anciens et plongeant sous les alluvions qui forment le sol de la plaine. Ces alluvions sont bornées au N. par des escar-

(1) M. de La Bèche, entre autres, dit, page 108 de son *Manuel* : « La dolomie qui se trouve parmi les calcaires de la Spezzia s'élève si verticalement qu'on peut la considérer comme un dyke soulevant les couches de terrain. »

pements appartenant à l'étage triasique. Dans un fossé du fort Lamalgue, creusé en partie dans le terrain houiller, affleurerait une couche de houille très sèche ou d'anhracite de mauvaise qualité. C'est sur cette couche qu'ont été dirigés les travaux d'exploration au moyen d'un puits de 55 mètres de profondeur et d'une galerie de recouplement d'environ 30 mètres, qui a traversé trois couches de combustible qui n'affleurent pas. Il est maintenant démontré que le système se prolonge sous la plaine, et l'on espère que des recherches entreprises à quelque distance des affleurements feront connaître une plus grande puissance de terrain houiller et peut-être des couches de combustible de meilleure qualité. Des grès houillers, traversés par le puits, à noyaux de quartz semi-hyalin moyennement gros, à angles peu arrondis, noyés dans une pâte d'un vert foncé, paraissent avoir subi une action métamorphique très prononcée. L'influence qui a altéré cette roche a dû faire passer la houille à l'état d'anhracite. Sa coloration paraît être due au chrome, de même que celle d'une grande partie des grès bigarrés de cette contrée.

*Note sur les grès inférieurs au lias dans les Cévennes
et le Lyonnais.*

A la base du terrain auquel il a donné le nom d'infra-lias, M. Leymerie a signalé, sous le nom de grès inférieurs, un terrain puissant offrant de nombreuses alternances de grès feldspathiques, de calcaires magnésiens et de marnes rouges, vertes, lie de vin. Ce terrain se distingue par ses caractères minéralogiques, par sa nature, et surtout par l'absence complète des fossiles de l'infra-lias, qui lui est superposé à stratification concordante, et M. Leymerie le considère comme appartenant à un étage différent (*Mémoires de la Soc. géol.*, 1^{re} série, t. III, pag. 331). Ce terrain de grès inférieurs peut s'observer sur un assez grand nombre de points de l'Ardeche et du Gard. Les exploitants de houille le regardent comme intimement lié au terrain houiller et pensent être assurés de trouver de la houille partout où ils observent ses affleurements. Dans le pays on s'est généralement accordé à le rapporter au keuper. Dans la carte géologique de France il est rapporté à l'infra-lias, malgré la distinction si formellement établie par M. Leymerie, qui les rapporte également au keuper.

M. Émilien Dumas a retrouvé dans les Cévennes le véritable infra-lias de M. Leymerie, avec un développement bien supérieur à celui qu'il offre dans le Lyonnais, et un nombre considérable de

fossiles, la plupart nouveaux et distincts de ceux du lias. Dans le nombre se trouvent un *Mytilus* qui lui a paru offrir quelque analogie avec le *Mytilus socialis*; une Ostracée, qu'il présume être celle de l'infra-lias lyonnais, que M. Leymerie rapporte à la Gryphée arquée jeune âge. Elle rappelle effectivement la Gryphée arquée par sa forme générale; mais l'absence du crochet proéminent et recourbé des Gryphées, l'existence d'un point d'attache constamment placé au sommet de la valve inférieure, lui paraissent des motifs suffisants pour l'en séparer. Une Ammonite à cloisons persillées a cependant fait penser à M. Dumas que ce terrain devait faire partie du grand étage jurassique, dont il devra sans doute former un membre nouveau. La roche dominante est un calcaire très compacte, gris de fumée, à cassure conchoïde.

Ce terrain nouveau n'a aucune liaison avec celui des grès inférieurs, soit sous le rapport minéralogique, soit par les fossiles qui manquent complètement dans les grès inférieurs, comme l'a remarqué M. Leymerie pour le Lyonnais. M. Émilien Dumas, dont la sagacité et les laborieuses investigations sont si bien connues, a sondé presque de mètre en mètre leurs affleurements de Berrias à Alais: ni lui ni notre collègue, M. Jules de Malbos, n'ont pu rencontrer un fossile; mais partout il y a uniformité absolue dans le *facies* et dans la nature des roches qui les composent. M. Dumas et tous les géologues du Midi s'accordent en conséquence à les rapporter au trias, avec une assez grande incertitude sur l'étage de ce terrain auquel ils doivent appartenir. Sur la berge de la rampe, entre le Mas-Dieu et Portes, on voit les assises inférieures du lias venir s'appuyer à stratification un peu transgressive sur les grès inférieurs qui recouvrent, à stratification parfaitement concordante, le terrain houiller à peu de distance de la tuilerie. Il ne peut donc rester de doute relativement à leur indépendance.

On sait, d'après les observations de M. d'Archiac (*Bull. de la Soc. géol.*, t. XI), que les caractères pétrologiques, à défaut de tout autre, peuvent être de quelque utilité pour la classification des terrains. Ce terrain des grès inférieurs où le calcaire magnésien domine devrait, par ces caractères, être rapporté au zeichstein. Ce rapprochement nous paraît encore confirmé par celui des schistes de Muse avec les schistes de Mansfeld. Ce rapprochement, n'étant fondé que sur la nature minéralogique des roches et le caractère négatif de l'absence des fossiles, ne peut être donné comme certain. Nous ajouterons seulement que l'existence du cuivre dans ce terrain, à Chessy, offre encore un autre point de ressemblance avec le zeichstein allemand.

Séance du 17 novembre 1845.

PRÉSIDENCE DE M. CONSTANT PRÉVOST.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

Le comte DE MONS, chambellan de S. A. R. le prince de Nassau, au Préau, commune de Nohan, près Bourges (Cher), présenté par MM. le comte de Choulot et Viquesnel ;

ROBERT DE VEY (Victor-Achille), à Paris, rue de Choiseul, 10, présenté par MM. Cordier et Bontemps ;

DEHAIS (Félix-Émile), à Paris, rue du Helder, 17, présenté par MM. Cordier et Bontemps.

Le Président annonce ensuite six présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants* ; octobre 1845.

De la part de M. Alcide d'Orbigny, *Paléontologie française ; terrains jurassiques*, 35^e livr. ; *terrains crétacés*, livr. 103 à 106.

De la part de M. Leymerie, *Tableau chronologique des terrains sédimentaires, tel qu'il résulte des observations faites dans l'Europe septentrionale* ; 1 feuille, petit in-f^o, 1845.

De la part de M. Charles d'Orbigny, *Dict. univ. d'hist. naturelle*, 71^e livr.

De la part de la famille de feu M. le comte da Rio, *Elogio funebre del cavaliere Nicolò da Rio, dal professore Abb. Lodovico Menin* ; in-8^o, 32 p., avec portrait, Padova, 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1845, 2^e semestre, t. XXI, nos 18 et 19.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. IV, n^o 20, août 1845.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, n° 91, 1845.

L'Institut, 1845, nos 617 à 619.

L'Écho du monde savant, 1845, 2^e semestre, nos 37 à 39.

The Athenæum, 1845, nos 941 et 942.

The Mining Journal, 1845, nos 533 et 534.

Le Secrétaire donne lecture : 1^o d'une lettre de M. Rafael Cavanillas, directeur général des mines, qui remercie la Société de l'envoi fait à la direction des mines de Madrid de la carte géologique du globe de M. Boué ;

2^o D'une lettre de M. de Lavaux, qui fait part à la Société de la perte d'un de ses membres, M. Warden, ancien consul des États-Unis, correspondant de l'Académie des sciences, décédé, rue du Pot-de-Fer, 12, à Paris, le 9 octobre 1845.

M. Delanoue donne lecture de la note suivante :

Une communication de M. Constant Prévost, sur le manganèse d'Orsay (séance du 21 avril 1845), m'ayant amené à dire ce que je pensais à ce sujet, je crus devoir alors émettre l'opinion que les dépôts de fer et de manganèse, bordant à l'O. le plateau central de la France dans les marnes irisées de St-Christophe-le-Chandry, et l'oolithe inférieure de Confolens, Nontron et Montignac, avaient tous une origine neptunienne, et qu'un remaniement postérieur, une sorte de *liqutation métallique par voie humide* avait concentré la majeure partie de ces minerais, sous forme concrétionnée, dans les fentes et cavités des roches sous-jacentes. Cette opinion (je m'y attendais) ne rencontra que des contradicteurs. MM. d'Omalus d'Halloy, Constant Prévost, Virlet et Pomel, s'accordèrent à rattacher plus ou moins aux phénomènes plutoniques la présence de ces substances métalliques.

J'ai dû chercher, depuis, quelques preuves à l'appui de mes assertions, et voici ce que j'ai observé :

1^o Les oxides de fer et de manganèse sont toujours à l'état d'hydrates ternes, et ne sont jamais cristallisés comme ceux des filons (Romanèche, le Hartz et les Pyrénées).

2^o Les minerais durs, concrétionnés, inférieurs, ne sont pas coquilliers ; mais ceux qui sont en masses poreuses, amorphes et occupant encore dans le haut leur position primitive, renferment des empreintes d'Oursins, d'Encrines, etc. (J'ai remis à M. Dufrénoy une *Astræa* parfaitement conservée au centre d'un morceau de manganèse.)

3° Enfin, une analyse plus minutieuse de ces manganèses amorphes m'y a fait découvrir la présence d'une substance organique azotée. J'avais déjà depuis longtemps signalé l'ammoniaque dans l'analyse que j'ai donnée de ces minerais (tome VIII, page 106, 1^{re} série, du *Bulletin*); mais alors j'en attribuais, comme tout le monde, l'origine aux éléments atmosphériques; et le fait n'offrait dans ce cas qu'un médiocre intérêt, puisqu'il se reproduit dans les argiles, dans les schistes, etc. Je me suis assuré, au moyen d'une forte solution de potasse, que l'ammoniaque ne préexiste pas toute formée; celle qu'on obtient par la calcination est le produit de la décomposition d'une matière organique azotée qui fait partie intégrante du minerai. J'ai peu de chose à dire en ce moment de cette substance, que modifient d'ailleurs beaucoup les acides employés pour attaquer le manganèse; elle se dissout dans l'acide chlorhydrique, se précipite avec les sulfures et devient brunâtre par l'addition d'un alcali. Ce doit être la même substance noirâtre dont se sont imprégnés les calcaires et les argiles, en se précipitant au fond de ce vaste récipient des mers, où s'infusaient incessamment les débris putréfiés d'êtres organisés de toute nature.

Quoi qu'il en soit, les traces de fossiles et la présence d'une substance organique dans ces manganèses sont désormais des faits incontestables que tout le monde peut vérifier, et ils suffisent, ce me semble, pour exclure d'une manière péremptoire toute intervention plutonique.

M. Virlet dit qu'il serait assez important d'examiner la nature de cette matière organique, par exemple voir si ce manganèse contient du bitume, qui est quelquefois, rarement à la vérité, azoté.

M. Delanoue reconnaît la question comme difficile; il ajoute que M. Pelouze ne regarde pas son opinion comme douteuse.

M. Constant Prévost ajoute qu'il lui a paru évident que c'est par infiltration et dans leur position actuelle que se sont formées les taches qu'on voit dans les grès; mais il ne rejette pas l'idée de M. d'Omalius d'Halloy, qui les fait arriver d'une manière plutonique sur un autre point.

M. Delanoue répond que c'est cette théorie d'émanation qu'il combat : cependant il admet qu'à l'origine tout a dû être plutonique; mais il n'admet pas que dans le voisinage des ta-

ches actuelles, et à l'époque tertiaire, il y ait émanation de manganèse.

M. le Secrétaire donne lecture d'une lettre de M. le docteur Jules Canat, relative à la découverte de fossiles marins, de l'époque actuelle, près de Tournus. M. Canat annonce que cette lettre sera suivie d'une autre sur le même sujet. Elle donne lieu à quelques observations de la part de MM. Virlet et Pomel. L'assemblée décide qu'il y a lieu d'attendre la seconde lettre de M. Canat pour présenter la question tout entière et avec les rectifications s'il y a lieu.

Note sur quelques phénomènes géologiques de la vallée de la Brems, près Saarlouis, par M. A. Pomel.

Le bassin houiller de Saarbruck, si bien décrit par M. E. de Beaumont dans l'explication de la carte géologique de France, est un des plus intéressants à étudier sous le rapport de son étendue, de sa richesse en combustible, de la régularité et du peu de dérangement de ses couches, et des fossiles si variés et si nombreux qu'elles renferment. Ses houillères embrasées, ses rapports géologiques avec les autres formations qui le recouvrent ou le supportent, et surtout les nombreux épanchements volcaniques qui se sont opérés à travers ses couches, méritent surtout de fixer l'attention des géologues. La note que nous communiquons aujourd'hui a pour but de faire connaître certaines particularités de ce bassin dans la petite vallée de la Brems, affluent de la Saare, aux environs de Saarlouis.

Lorsque, arrivant de France, on a descendu l'escarpement du Tromborn après avoir passé sur les tranches du muschelkak et du grès bigarré, on marche sur le grès vosgien et les alluvions de la Saare, et on arrive bientôt au village de Diling, après avoir traversé un très petit plateau couvert d'alluvions anciennes, qu'on retrouve sur le bord opposé de la Brems et sur une étendue de 12 kilomètres en remontant son cours. Ces alluvions sont composées surtout de galets pugillaires, et présentent cela de particulier qu'elles ne renferment presque exclusivement que les débris arrachés aux roches aujourd'hui placées sur le cours de cette rivière, serpentine, porphyres, spilite, grès houiller, quartz pris aux poudingues de celui-ci, bois silicifiés de conifères, etc.; ce qui les différencie beaucoup des alluvions de la Saare, composées des

débris des terrains des Vosges. En certains endroits on observe aussi du sable rouge, très meuble, gisant au-dessus ou au-dessous des galets, et paraissant avoir été pris par les courants à la surface du grès vosgien. Ces alluvions n'ayant qu'une épaisseur de 4 à 5 mètres, la vallée est ouverte dans la formation précédente, composée sur ce point de couches friables de grès rouge, grossier, traversé par des veines ou des plaquettes de fer hydroxidé et offrant en grand cette structure tourmentée décrite par M. de Beaumont dans son Mémoire sur le trias des Vosges.

Entre les villages de Nalbach et de Bisback, le grès houiller commence à se montrer au-dessus des alluvions de la plaine, et s'élève promptement au-delà du dernier village bien au-dessus du grès vosgien, dont les couches viennent s'appuyer sur ses tranches sans se relever beaucoup. Les parties les plus basses du sol houiller sont des poudingues puissants à galets pugillaires, plus ou moins abondamment répandus dans un grès quartzeux, grossier, gris ou blanchâtre, ou presque entièrement purs et très fortement cimentés par du fer hydraté, qui colore leur surface en rouge ou noirâtre. Il s'y mêle quelques bancs de grès à cailloux nombreux, mais plus petits, généralement solides et de couleur grise, qui plus haut alternent avec d'autres grès à grains variés, mais plus souvent assez fins, ferrugineux ou argileux, gris, rouges ou noirâtres; quelques lits d'argile rouge, ou brune, avec des rognons de fer carbonaté, s'y montrent aussi; enfin plus haut, on trouve plus abondamment des argiles grises, rouges, schisteuses noirâtres, des grès rougeâtres friables, de petits lits de calcaire magnésien et de rognons de fer carbonaté, tous très pauvres en fossiles organisés, et en manquant même totalement sur ces points. Cet ensemble de couches, sur lesquelles on passe successivement pour franchir un grand contre-fort du Liedermund, rejetant le cours de la Brems un peu au S.-E., présente une grande puissance, a un aspect rougeâtre violacé particulier, et plonge de quelques degrés vers le N.-N.-E.

A droite de la vallée et sur le plateau qui borde celle-ci, s'élève, à la hauteur des villages cités plus haut, la masse porphyrique du Liedermund. Pour arriver à son pied, on marche pendant une demi-heure sur les alluvions anciennes, pour passer près de sa base, sur un terrain argileux jaunâtre, formant l'humus assez peu fertile de cette partie du plateau et renfermant une grande quantité de petits morceaux d'hydroxyde de fer cariés, plus ou moins globulaires, qui se retrouvent même jusque sur les premières pentes de la montagne. Celle-ci, allongée du N.-E. au

S.-O., a son revers occidental en pente assez peu escarpée, accidentée par quelques ravins et petits contre-forts, tandis que le revers oriental est abrupte et très fatigant à gravir. La partie de ce flanc située sous le point culminant, vue du petit plateau que l'on a parcouru, rappelle par son aspect déchiré et son inclinaison d'au moins 25 à 30°, les formes caractéristiques des roches éruptives. Cependant, à mesure qu'on s'élève, on est de plus en plus étonné de reconnaître que partout la roche ignée est couverte de végétation assez pauvre, il est vrai, et a des formes arrondies; tandis que ce qu'on aurait cru reconnaître de loin pour un dyke consiste en un entassement tout-à-fait anormal de blocs plus ou moins volumineux de poudingues et de grès altérés dans leur structure originelle et modifiés de plusieurs manières. En général, le poudingue a pris l'aspect d'un quartzite, dans lequel les galets ne se laissent reconnaître que par une légère différence dans la couleur, et encore leurs bords se confondent-ils souvent avec la pâte, comme s'il y avait eu fusion et soudure intime entre le galet et son ciment. La couleur en est légèrement jaunâtre, et passe, sur certains points, au rouge vineux ou noirâtre. Le ciment de la roche est quelquefois devenu jaspoïde et lustré, ou bien les grains quartzeux et le fer oxydé qui la composent ont été fortement soudés et ont pris une couleur noirâtre, avec quelques cavités irrégulières. Cette modification conduit à une autre qui s'éloigne beaucoup moins de l'aspect et de la structure des conglomerats houillers, et consiste seulement dans une solidité un peu plus grande et une coloration en rouge plus intense, ou même tout-à-fait en noir. Les grès, plus rares que les poudingues, offrent des modifications analogues et parfois un passage encore plus marqué au quartzite; ils sont plus durs, jaunâtres ou rouge vineux, passant au jasque plus ou moins fin, et affectant un aspect lustré. Des morceaux épars, à grains de grosseur moyenne, ont, au contraire, été simplement frittés, colorés en jaune, et injectés de petits points noirs ou verdâtres, et sont devenus très friables; il est plus commun de les trouver sur d'autres points de la montagne en fragments peu volumineux et reposant immédiatement sur le porphyre. Les blocs ci-dessus décrits paraissent avoir appartenu à une même masse qui a été brisée, et dont les lambeaux ont été plus ou moins séparés les uns des autres; ils sont tous appuyés sur la roche ignée sans paraître s'enfoncer dans sa masse; car dans le fond des fentes qui les séparent, cette dernière apparaît avec le même caractère que sur les bords de l'entassement. C'est un porphyre rouge violacé, à petits cristaux de feldspath souvent décom-

posés, très peu ou peut-être nullement quartzifère, assez friable pour se laisser souvent désagréger à la manière de certains trachytes, et, par une longue exposition aux intempéries atmosphériques, passant à la couleur grisâtre et devenant encore plus friable. Les roches modifiées s'élèvent en une espèce de longue traînée jusqu'au faite de la montagne, dont ils forment le piton culminant; beaucoup de fragments, en raison de la pente de la surface sur laquelle ils s'appuient, ont roulé vers la base, et quelques uns se retrouvent jusque sur le bord de l'escarpement de la vallée actuelle, où ils servent à borner les divisions du sol.

Le sommet de la montagne est en forme de plateau, large de 5 à 600 mètres, à surface inclinée de quelques degrés vers le S.-O., et supporte aussi des masses sédimentaires altérées, semblables aux précédentes, et formant une traînée de blocs qui en hérissent la surface dans une direction perpendiculaire à celle du faite, et faisant suite à la traînée du versant S.-E. On observe d'abord, à quelques mètres du premier entassement, un second lambeau qui semble lui faire suite et avoir appartenu à la même roche; mais celle-ci est moins altérée et modifiée dans sa constitution originelle: ce sont encore des poudingues et des grès dont le ciment est resté parfois argileux, mais qui cependant, sur de nombreux points, passent aussi à une espèce de quartzite très compacte, très dur, à grains fins et souvent lustré; on peut y reconnaître une ou deux assises encore presque horizontales, ayant une épaisseur de 2 à 3 mètres, mais brisées et divisées en blocs plus ou moins épars, cependant moins démantelés que sur le versant oriental et reposant de même immédiatement sur le porphyre, ce qu'il est facile de vérifier à cause des trous ou carrières qu'on a pratiqués auprès pour extraire des matériaux de construction. Entre ce point et le bord opposé du plateau, à l'origine d'une belle végétation forestière qui couvre les versants du N.-O., on trouve quelques blocs épars, semblables à des masses erratiques, qui lient au lambeau précédent un autre entassement aussi profondément altéré que le premier que nous avons étudié, et qui est tellement disloqué et brisé, qu'il figure plusieurs dentelures très fortes et aiguës. La pente si faible de cette partie du plateau n'a pas facilité l'écroulement des masses disjointes et fendillées, et les blocs gisent entassés les uns sur les autres. Ils affectent d'une manière encore plus remarquable l'aspect des dykes qui hérissent de leur crête déchirée le sol ambiant traversé, et il faut venir les frapper du marteau pour reconnaître, à l'aide de leur composition, que les formes âpres, anguleuses et nues qu'ils dessinent sont uniquement dues

à l'altération profonde que leur a fait subir la roche éruptive, qui les a portés à la hauteur, relativement considérable, à laquelle ils gisent maintenant. Plus loin, sur le versant occidental et un peu vers le N., on trouve, enclavé dans le porphyre, qui est sur ce point très altéré, une masse dolomitique rougeâtre et naérée que nous sommes porté à considérer comme une roche éruptive, à l'exemple de M. Schmit, curé de Diling, qui a décrit le Liedermund et les environs de Saarlouis dans une monographie très intéressante. On y trouve, en effet, des fragments assez volumineux de porphyre noyés dans la masse et altérés, qui semblent avoir été pris aux parois de la fente remplie par la dolomie.

Au N.-E., le porphyre est en contact avec le terrain houiller, porté en masse sur ce point à une assez grande hauteur; mais la végétation empêche de reconnaître si les couches en ont éprouvé une modification aussi profonde que celle observée dans les lambeaux soulevés isolément. On y voit seulement qu'il y a une inclinaison générale dans cette direction, indépendamment d'inclinaisons bien plus faibles tout autour des autres parties de la montagne. Le grès vosgien s'avance jusqu'à la base occidentale du Liedermund, et ne paraît pas avoir été affecté par l'éruption porphyrique, du moins dans les endroits peu nombreux où on peut l'observer. Si nous cherchons les couches des poudingues qui ont pu fournir les lambeaux modifiés et soulevés jusqu'au faite de la montagne, nous ne trouverons aux environs que ces énormes couches que nous avons signalées au village de Bisbach, comme presque entièrement formées de galets pugilaires; leur rapprochement des précédents, et surtout leur affleurement vis-à-vis le gisement de ceux-ci et sur la même ligne de direction, nous font supposer, avec assez de vraisemblance, qu'ils sont le gisement primitif d'où ont été arrachées les masses modifiées du Liedermund. Des phénomènes volcaniques contemporains et plus récents semblent aussi avoir modifié d'une manière analogue certaines parties du terrain houiller des environs d'Oberstein.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans la localité que nous venons de décrire est bien certainement la position actuelle du lambeau houiller à la surface même de la roche éruptive et sans y pénétrer, comme s'il avait été ainsi placé après la solidification du porphyre; circonstance qui a même suggéré chez des géologues l'opinion de l'antériorité de cette dernière roche. Comme celle-ci est évidemment erronée, et que des roches solides et d'une assez grande densité n'auraient pu surnager en raison de leur état calorifique différent et auraient certainement été immergées dans la pâte liquide

du porphyre, on est conduit à admettre que cette dernière roche était dans un état assez voisin de la solidification lorsqu'elle a saisi la roche sédimentaire, et qu'elle avait cependant conservé assez de chaleur pour modifier diversement les lambeaux de cette dernière. Je crois aussi que l'entassement si peu solide des blocs situés sur la pente rapide de l'O. un peu S. peut certifier qu'il n'y a pas eu pendant ce phénomène de bien grandes convulsions; car ces débris fracturés et pour ainsi dire incohérents se seraient précipités vers le pied de la montagne. Le petit nombre de ceux qu'on y trouve indiquent seulement l'action des agents atmosphériques actuels, tels qu'une forte gelée suivie de dégel. On pourrait même avancer, d'après les mêmes considérations, que la masse porphyrique a pris, lors de son éruption, exactement les mêmes formes qu'elle a conservées jusqu'à notre époque.

Au-delà du contre-fort houiller du Liedermund, qui, courant au S.-S.-E., se lie de l'autre côté de la Brems avec un plateau aussi élevé et semblablement dirigé, on trouve le village de Rupperick, bâti à sa base et au fond d'une grande gorge qui avec une semblable, mais moins profonde, sur le versant opposé, semble faire suite à la vallée. Le grès vosgien se retrouve dans un lambeau presque horizontal, reposant en stratification discordante sur le terrain houiller, ce qui semblerait indiquer pour sa formation une époque postérieure à l'éruption porphyrique. Au-delà de Rupperick jusqu'à Aussen, le même grès forme presque en totalité, ou du moins dans la partie supérieure, les collines de la rive droite de la vallée.

A Aussen, la vallée se resserre tout-à-coup; les hautes collines qui la bordent sont arrondies à pentes plus roides que celle des terrains houiller et vosgien, circonstances que l'on doit attribuer aux caractères extérieurs des roches éruptives qui les constituent en partie. A la rive droite on observe un porphyre très semblable à celui du Liedermund, mais moins friable, moins coloré en rouge et montrant une tendance à passer à la division prismatique irrégulière; de nombreux fragments sont répandus à la surface de l'humus peu épais qui recouvre la masse. Sur un point, une fente verticale où la roche a été altérée, décolorée, rendue plus friable et injectée de mouches et de petits filets de cuivre carbonaté vert, a été en partie remplie par cette dernière substance, mêlée avec les débris détachés des parois de la fente. Ce filon a été l'objet de quelques recherches pour l'exploitation; mais, ainsi qu'au Liedermund, on a dû les abandonner en raison du peu de richesse et de constance des gisements. En remontant la vallée, on ne tarde

pas à rencontrer le point de contact de la roche ignée avec le terrain houiller. Une couche de grès presque schisteux à grains assez fins est devenue verticale, et ses plaquettes, plus friables, ont pris une teinte gris noirâtre assez foncée, avec de nombreux points noirs; à 2 ou 5 mètres, les couches n'offrent plus aucune altération, et leur inclinaison est de quelques degrés seulement vers l'amont de la rivière.

A un kilomètre plus au N.-E., on retrouve une roche ignée différente du porphyre, qui a aussi percé le terrain houiller en saisissant des masses assez volumineuses, où la stratification s'observe encore. L'altération est presque nulle dans quelques unes de ces masses; mais d'autres sont devenues terreuses, et paraissent avoir été triturées et partiellement injectées par la roche éruptive, de manière à former un conglomérat tufacé assez peu cohérent. La roche ignée elle-même a tout-à-fait l'apparence d'un basalte noir-verdâtre, compacte généralement, mais présentant sur certains points de nombreuses vacuoles remplies de chaux carbonatée cristallisée, qui a fait donner à la roche le nom de spilite. On la retrouve à Oberstein, où les conglomérats houillers ont été fortement altérés par son action métamorphisante, et contiennent des calcédoines rouges, exploitées sur une assez grande échelle. M. Simon, qui a décrit d'une manière succincte les localités dont nous venons d'esquisser les caractères géologiques (1), cite aussi un filon de spilite qui a, près de St-Gangolf (rives de la Saare), percé les couches du grès bigarré et les a modifiées de plusieurs manières, en agissant aussi sur des quartzites voisins soulevés et altérés dans leur couleur. Sur la rive opposée de la Brems on retrouve les spilites avec les mêmes caractères, et des lambeaux d'argile noire schisteuse, dont le gisement est inférieur au niveau de la rivière, attestent par leur position actuelle au-dessus de ce dernier qu'il y a eu des parties soulevées. Partout où on peut observer le point de contact de la roche ignée avec les grès houillers, on reconnaît des altérations plus ou moins bien prononcées; le plus souvent ceux-ci sont devenus plus friables, ont été injectés de points noirs ou verdâtres; rarement ils ont été triturés, et la modification ne s'étend pas généralement à plus de 2 à 3 décimètres des points de contact. Le porphyre ne paraît pas avoir traversé la vallée; car la rive gauche ne présente, à hauteur de son point d'éruption, aucune trace de cette roche. Le terrain houiller se présente encore avec tous les carac-

(1) *Aperçu sur la géologie des environs de Saarlouis, Oberstein et Berncastel (Mémoires de l'Académie de Metz).*

tères de la partie supérieure, c'est-à-dire presque entièrement formé sur une grande épaisseur de grès plus ou moins grossiers, gris rougeâtre, passant aux poudingues et conglomérats, alternant avec quelques couches argileuses rougeâtres; et ce n'est que dans la partie supérieure qu'on retrouve les argiles schisteuses noirâtres, avec quelques lits de calcaire et du fer carbonaté. Cette dernière substance est exploitée à l'E. de Beting, dans des schistes noirâtres qui renferment dans des nodules ferrugineux de nombreux débris organisés; ce sont des *Lepidostrobus*, *Pecopteris gigantea*, très commune, et les *Acanthoides Bronnii*, *Amblipterus macropterus*, *A. latus*, *A. eupterigius*, *A. lateralis*, poissons qui sont propres à cette localité. On a voulu trouver dans l'état souvent incomplet du fossile des preuves du transport de ces nodules fossilifères; mais, quand même leurs formes et les accidents de leur structure ne démontreraient pas qu'ils ont été formés sur place, il serait facile de se convaincre qu'ils ont cette dernière origine, par l'existence dans l'argile des parties du fossile non empâtées par la substance ferrugineuse. Du reste, des nodules analogues de sulfure de fer se sont aussi formés à l'époque tertiaire pliocène, en empâtant des poissons incomplets, dont les mêmes espèces sont aussi très abondantes dans les schistes bitumineux qui renferment ces nodules (Menat).

M. Pomel annonce à la Société que M. Gastaldi, de Turin, lui a adressé des fossiles des lignites de Cadibona, dans lesquels il a reconnu deux *Anthracotherium* (le *magnum* et le *minimum*); d'après ce que lui écrit plus récemment M. Gastaldi, il paraîtrait qu'il y existe aussi deux autres espèces, dont l'une serait l'*Alsaticum*. Une portion de mandibule, malheureusement incomplète à son bord antérieur, indique aussi l'existence, dans ces dépôts, de petits ruminants voisins des cerfs et se rapprochant aussi un peu des chevrotains, qu'on a trouvés abondamment dans les terrains tertiaires lacustres de l'Auvergne (1). Ce qui frappe surtout dans cette association, c'est qu'elle existe de même dans cette dernière contrée, ou seulement il vient s'y mêler d'autres genres et d'autres espèces nombreuses. La

(1) La science a besoin d'une révision et d'une critique sévères de ces ruminants, et des genres *Dorcatherium*, et *Palæomerix* qui paraissent avoir une grande analogie de formes génériques avec les *Dremotherium*.

même analogie de caractères zoologiques se fait aussi remarquer, non seulement entre les terrains diluviens de l'Italie et de l'Auvergne, mais aussi entre les terrains pliocènes de celle-là et une partie des gîtes ossifères des terrains ponceux de la Limagne, ce qui fixe assez bien l'âge de ces dernières formations volcaniques.

M. Pomel annonce aussi que les 4 espèces de cycadées fossiles, citées comme ayant été trouvées dans les terrains tertiaires, par M. Gœppert, dans son travail sur les végétaux fossiles de cette famille (*Compte-rendu des travaux de la Société d'agriculture de Silésie pour 1844*), doivent être retirées de cette famille, car ils appartiennent bien certainement : 1^o les *Cycadites salicifolius* et *C. angustifolius*, à la famille des palmiers, au genre *Phœnicites* Brong. (*Ph. salicifolius* et *angustifolius* Ung.); 2^o le *Zamites Brongnartii* Sternb., à la même famille et devant conserver de même le nom de *Palmacites echinatus* Brong.; 3^o le *Pterophyllum difforme* Gœppert, aux Amentacées, au genre *Comptonia* (*Compt. acutiloba* Brong.), puisque les nervures secondaires sont réticulées. Il croit de même que les végétaux houillers, considérés par ce botaniste et MM. Presl et Sternberg comme de vraies cycadées, en sont très différents, quoique constituant une famille très voisine (*Lapidofloyées*) : près d'elle encore doit venir se placer celle des Sigillariées, comme M. Ad. Brongniart l'a prouvé dans son examen microscopique du tissu interne du *Sigillaria elegans* et peut-être aussi le genre *Nöggerathia*, dont les frondes rappellent celles de nos cycadées.

M. Leblanc donne lecture d'une note sur la composition théorique de plusieurs bancs du terrain tertiaire parisien. Cette note provoque quelques objections de la part de MM. Delanoue et Ebelmen, objections qui engagent M. Leblanc à ne publier son Mémoire qu'après avoir vérifié quelques analyses.

M. Leymerie présente le tableau suivant, extrait de sa *Géologie du département de l'Aube*, qui sera publiée prochainement.

TABEAU CHRONOLOGIQUE

Tel qu'il résulte des observations faites dans l'Europe Septentrionale,

DIVISIONS PRINCIPALES BASEES SUR LA PALÉONTOLOGIE.		DIVISIONS GÉOGNOSTIQUES LES PLUS USITÉES.		ÉTAGES.	
Série kaïnozoïque.	1 ^{er} groupe paléontologique.	ALLUVIONS.	T. de l'époque actuelle.		
			T. diluvien.		
		T. TERTIAIRE.	Terrain tertiaire.	Supér. (pliocène).	
				Moyen. (miocène).	
				Infér. (éocène).	
Série mesozoïque.	2 ^e groupe paléontologique.	TERRAIN SECONDAIRE.	T. crétacé.	Supér.	
				Moyen.	
				Infér.	
	3 ^e groupe paléontologique.		T. jurassique.	Supér.	
				Moyen.	
				Infér.	
				Lias.	
	4 ^e groupe paléontologique.		T. de Trias.	Supér.	
				Moyen.	
				Infér.	
Série paléozoïque.	5 ^e groupe paléontologique.		T. péniéen ou permien.	Supér.	
				Moyen.	
				Infér.	
		T. DE TRANSITION.	T. carbonifère.	Supér.	
				Infér.	
			T. de Transition proprement dit.	Supér.	
				Moyen.	
				Infér.	

DES TERRAINS SÉDIMENTAIRES,

par M. Leymerie. — (Extrait de la Géologie du département de l'Aube, 1843.)

TYPES PRINCIPAUX.	SYSTÈMES DE SOULÈVEMENTS AVEC LEURS DIRECTIONS.
Alluvions ; travertin ; tourbe...	
Alluvions anciennes ; <i>Lehm</i> ; blocs erratiques.	
Terrain de transport de la Bresse ; Crag de Norwich ; marnes sub-apennines ; sables des Landes.	Chaîne principale des Alpes. E. 16° N.
Grès de Fontainebleau , Fahluns ; Molasse.	Alpes occidentales. . . . N. 26° N.
Gypse, calc. grossier, argiles et sables infér. du bassin pari- sien ; calc. de Blaye (Gironde) ; <i>London and plastic clay</i> .	Iles de Corse et de Sardaigne. . . N.
Craie de Maestricht ; craie blanche de Champagne ; craie tuffe de Touraine.	Pyrénées, Apennins. . . . O. 18° N.
Grès verts , argile (<i>gault</i>) ; sables ferrugineux.	Mont-Viso. N. N. O.
Terrain néocomien (calc. jaune et marnes à exogyres de Neuchâtel, argiles et calc. à spatangues de l'Aube) ; formation Wealdienne.	
Calc. de Portland ; argiles de Kimmeridge et de Houffleur ; calc. portlandiens , système à <i>Exogyra virgula</i> de France.	Côte-d'Or, Erzgebirge. . E. 40° N.
<i>Coralrag</i> , oolite d'Oxford ; calc. coralliens de France. — Arg. d'Oxford et de Dives. — Terr. à Chailles de F.-Comté	
<i>Cornbrash</i> et <i>forest marble</i> ; calc. à Polypiers (Calva- dos). — Grande oolite ; calc. de Caen ; calc. à Entroques de Bourgogne. — Oolite inférieure.	
Calc. à Bélemnites, marnes. — <i>Blue lias</i> , calc. à gryphées arquées. — Grès et calc. infra-liasiques ; lias blanc des Anglais.	Thuringerwald, Morvan. . O. 40° N.
Marnes irisées, <i>red marle</i> ; <i>Keuper</i> .	
<i>Muschelkalk</i> .	
Grès bigarré ; <i>New red Sandstone</i> .	Rhin. , . . N. 21° E.
Grès des Vosges.	Pays-Bas, S. du pays de Galles. O. 5° N.
<i>Zechstein</i> ; schistes cuivreux ; calcaire magnésien des Anglais.	
Grès rouge ; <i>Todte liegende</i> des Allemands.	Nord de l'Angleterre. . . . N. 5° N.
Terrain houiller ; <i>coal measures</i> , <i>millstone grit</i> .	
Calcaire Carbonifère ; <i>mountain limestone</i> .	Ballons (Vosges) et Bocage. O. 45° N.
Système Dévonien, vieux grès rouge des Anglais ; terrain anthraxifère de la Loire et de la Belgique.	
Système Silurien (<i>Dudley and Ludlow rocks</i> , <i>caradoc sandstone</i>) ; ardoises d'Angers ; grès de May (Calvados).	Westmoreland et Hunsdruck. E. 25° N.
Système Cambrien ; calcaires esquilleux et schistes infé- rieurs de Bretagne ; Terrain ardoisier des Ardennes ?	

Séance du 1^{er} décembre 1845.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE DE BEAUMONT.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

Le marquis Ferdinand PANCATIACHI XIMENÈS DE ARAGON, à Florence (Toscane), présenté par MM. Paillette et de Verneuil ;

CAILLAUX (Alfred), ingénieur des mines de Toscane, à Monte Catini di Volterra (Toscane), présenté par MM. Paillette et de Verneuil ;

BAROTTE, à Brachay (Haute-Marne), présenté par MM. Constant Prévost et Hugard ;

DOLFUSS AUSSET, à Mulhouse (Haut-Rhin), présenté par MM. Le Blanc et Ch. Martins ;

TOURNIÈRE (Victor), à Péronne (Somme), présenté par MM. Le Blanc et Ch. Martins ;

COLLOMB (Édouard), à Wesserling (Haut-Rhin), présenté par MM. Élie de Beaumont et Ch. Martins.

Le Président annonce ensuite dix présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. J. Fournet, *Recherches analytiques sur la composition des terres végétales des départements du Rhône et de l'Ain*, par M. Sauvanau ; précédées du *Rapport fait par M. Fournet sur ce Mémoire* à la Société royale d'agriculture, sciences et arts utiles de Lyon (extrait des annales de cette Société) ; in-8°, p. 1 à xi et 1 à 47 ; Lyon, 1845.

De la part de M. Guillermo Schulz, *Resena geognostica*, etc. (Revue géognostique de la principauté des Asturies) ; (extrait du tome I^{er} des *Annales des mines d'Espagne*) ; in-8°, 16 p., Madrid, . . .

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1845, 2^e semestre, t. XXI; nos 20 et 21.

L'Institut, 1845, nos 620 et 621.

L'Écho du monde savant, 1845, 2^e semestre, nos 40 à 43.

Mémoires de la Société royale des sciences, de l'agriculture et des arts utiles de Lille; année 1843, in-8°, 509 p., Lille, 1845.

The Athenæum, 1845, n° 943.

The Mining Journal, 1845, nos 535 et 536.

Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou; 1844, n° IV; 1845, nos I, II, III.

Le Vice-Secrétaire donne lecture de la lettre suivante de M. de Charpentier à M. le Président :

Bex, 24 juillet 1845.

Ayant reçu depuis peu de jours les feuilles 17-19 du tome II de la 2^e série du *Bulletin de la Société géologique*, j'y ai lu avec le plus grand intérêt la discussion à laquelle l'envoi d'une collection de roches striées a donné lieu dans la séance du 17 février, et le Mémoire lu dans cette même séance par M. de Collegno, sur le terrain erratique du revers méridional des Alpes. J'ai cru voir, par cette lecture, que la Société n'a pas eu connaissance de la note que j'ai lue, le 17 septembre dernier, à la section géologique du congrès scientifique de Milan, et qui a été insérée dans le cahier de janvier 1845 de la *Bibliothèque universelle de Genève*, note dans laquelle j'ai exposé mon opinion sur l'hypothèse qui attribue les phénomènes erratiques des Pyrénées à une fonte subite des glaciers. Désirant vivement que la Société veuille bien prendre connaissance de ce petit écrit, j'ai pris la liberté de le lui adresser par le courrier d'aujourd'hui.

Quant aux objections que M. de Collegno présente contre la réfutation que j'ai faite de l'hypothèse des courants, je dois avouer qu'elles ne me paraissent pas assez concluantes pour que je puisse les admettre. Je les examinerai et les discuterai dans un petit travail que je me propose de faire cet hiver, et que j'aurai l'honneur de soumettre à la Société.

M. le Secrétaire fait remarquer qu'il a, de lui-même, présenté des observations analogues à celles que vient de faire M. de Charpentier dans le un précédent numéro du *Bulletin*.

Il donne ensuite lecture d'une lettre de M. Louis Zeitzner.

Varsovie, 30 juin 1844.

J'ai l'honneur de vous envoyer une petite notice sur les pétrifications de la chaîne de Stanowa Hrebeta, près le Baikal en Sibérie, que M. Mitkiewicz avait rapportées de son voyage dans ces contrées, et qu'il m'avait chargé de déterminer. La roche dans laquelle se trouvent les pétrifications est quartzeuse et verdâtre; elle a la plus grande ressemblance avec beaucoup de grauwackes provenant du Rhin, et la présomption de l'âge de cette roche tirée des caractères pétrographiques est prouvée par les pétrifications appartenant aux espèces les mieux connues du terrain paléozoïque. J'avais déterminé les espèces suivantes.

1. *Gorgonia retiformis*. Schlotheim, De Koninck, *Anim. foss. de Belgique*, planche A, fig. 2. Les petits rameaux portent les petites stries longitudinales et transversales.

2. *Terebratula prisca*. Schloth., avec des côtes bifurquées sur toute la longueur des valves.

3. *Calymene macrophthalma* Brongniart, toujours courbe, la tête munie de petits tubercules.

On ignore quel est le système de la formation paléozoïque que désignent ces pétrifications, parce qu'elles sont communes à plusieurs, excepté la *Gorgonia*, qui est propre au terrain silurien, d'après MM. de Verneuil et d'Archiac.

Un échantillon du grès provenant de ces contrées avait des empreintes de *Neuropteris*, qui ont la plus grande ressemblance avec de pareilles fougères du terrain houiller.

M. Frapolli, dans une lettre adressée de Quedlinburg (Prusse) à M. Angelot, le 22 novembre, signale quelques erreurs qui se sont glissées dans les deux planches qui accompagnent son *Mémoire sur la disposition du terrain silurien dans le Finistère, et spécialement dans la rade de Brest*, et prie de les indiquer en errata à la fin du 2^e volume de la 2^e série du *Bulletin* où ce Mémoire est imprimé.

Il sera fait droit à cette observation.

M. Élie de Beaumont fait hommage à la Société du 1^{er} volume de ses *Leçons de géologie pratique* professées au Collège de France pendant l'année 1843-1844, et publiées par Pierre Bertrand, rue Saint-André-des-Arts, n^o 65, à Paris.

Le volume que j'ai l'honneur de mettre aujourd'hui sous les yeux de la Société, dit-il, est la reproduction sténographiée d'une partie des leçons que j'ai professées au Collège de France pendant l'année scolaire 1843-1844.

J'ai cherché à y présenter la géologie au point de vue pratique, c'est-à-dire au point de vue où elle me semble devoir s'offrir à l'esprit lorsqu'on travaille à l'étendre par des observations nouvelles. De Saussure, en écrivant en 1796 son admirable *Agenda* (1), disait que par là il avait le désir de placer les voyageurs, et surtout les jeunes gens qui commençaient, au même point où il était arrivé par trente-six ans d'études et de voyages. Mon but, si mes forces me l'avaient permis, aurait été de faire quelque chose d'analogue, relativement à l'ensemble des observations que les géologues ont réunies jusqu'à ce jour. Je devais être entraîné par là dans un travail d'une assez grande étendue, d'abord parce que la concision de Saussure ne pouvait être mon partage, et surtout parce que le nombre immense des observations dont la géologie s'est enrichie depuis un demi-siècle devait me conduire à chaque pas à remplacer une simple question par l'exposition d'une série de faits déjà très développés : aussi le présent volume ne contient-il encore qu'une petite partie de ma tâche.

J'ai commencé par exposer la marche à suivre pour recueillir des observations géologiques, et j'ai indiqué l'usage des instruments dont le géologue peut s'aider sur le terrain. Analysant tous les degrés du travail qu'il doit exécuter, j'ai cherché les caractères distinctifs de la science dans le genre de vie auquel le géologue est obligé de se livrer pour pouvoir remplir complètement son objet. Le suivant pas à pas dans ses voyages, j'ai passé des instruments aux idées qui doivent lui servir de guide dans la recherche des faits à observer. J'ai surtout cherché ces dernières dans le rapprochement des faits déjà connus, en réunissant ces faits d'après les analogies naturelles qui existent entre eux. Ces analogies existent également entre les faits connus et les faits à découvrir, de manière que les uns et les autres forment une série continue dont il suffit de bien saisir l'enchaînement pour avoir entre les mains le fil conducteur le moins sujet à égarer.

(1) *Agenda* ou Tableau des observations et des recherches dont les résultats doivent servir de base à la théorie de la terre. Cet *Agenda* a été inséré à la fin du 4^e volume des *Voyages dans les Alpes*. M. de Saussure l'avait envoyé d'abord au *Conseil des mines*, pour être imprimé dans son journal ; il a paru, en effet, pour la première fois dans le *Journal des mines*, tome IV, n^o XX, page 4. (Floréal an iv. — 1796.)

Cette manière de rechercher la marche la plus directe et la moins incertaine du connu vers l'inconnu me paraissait d'ailleurs une des plus convenables à suivre dans un cours, car on pouvait espérer d'arriver ainsi à donner aux bases de la science toute la certitude et toute l'originalité qui peuvent leur appartenir. Je suis bien loin sans doute d'avoir atteint un but si élevé; mais si j'ai pu seulement réussir à le faire plus nettement entrevoir, je puis peut-être espérer d'avoir mérité par là une partie de l'indulgence dont mon travail a un si grand besoin, tant pour le fond que pour la forme.

Reproduites par la sténographie, mes leçons ont conservé toutes les imperfections de la diction orale, tout en perdant l'avantage des figures nombreuses dont le professeur peut s'aider à chaque instant, et qu'il n'est pas possible de reproduire en entier dans un livre. J'ai, toutefois, inséré dans celui-ci un certain nombre de cartes, qui ont été dessinées avec autant de soin que d'intelligence par M. Desmadril, dessinateur du Dépôt de la guerre, et qui suffiront, je l'espère, pour éclaircir les points principaux.

Beaucoup de données géographiques sont entrées dans le présent volume, parce que je m'y suis d'abord attaché aux objets qui viennent les premiers frapper les regards de l'observateur. Je m'y suis occupé, en premier lieu, de la surface même du sol, des matières mobiles ou à peine consolidées qui en forment la pellicule extérieure. Les éléments de la terre végétale, la surface de cette terre, rendue presque invariable par les racines des végétaux, les sables agités par le vent, les matières incohérentes que la mer remue sur ses bords, et celles que les rivières y entraînent, m'ont présenté des faits nombreux et bien constatés, dont le groupement m'a semblé offrir de l'intérêt. Les levées de sable et de galets que la mer entasse près de ses rivages, là où le mouvement des vagues s'affaiblit par l'effet du peu de profondeur et de la forme des côtes, m'ont paru fournir un de ces fils conducteurs qui méritent d'être recommandés aux observateurs futurs. J'ai signalé le rôle important que jouent ces *cordons littoraux*, de formes presque invariables, qui constituent la clôture extérieure des lagunes littorales, qui déterminent les barres des embouchures de certains fleuves, qui ont permis à certains fleuves de former des deltas, et qui fournissent des repères fixes pour mesurer les progrès de ceux de ces deltas, en assez petit nombre, qui ont réellement pénétré dans la mer proprement dite. J'ai cherché à rassembler d'une manière aussi complète que possible les faits aujourd'hui connus sur la marche des deltas les plus étudiés, notamment de ceux du Rhin,

Mémoire
sur les Phénix

Coupe transversale d'un large Canal entre Sninesund
et Hogdal.

Fig. 14

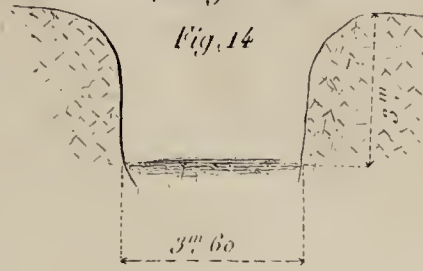
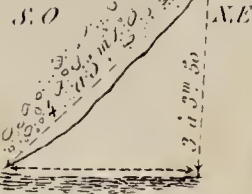


Fig. 15



Coupe de paroi surplombante polie et
strée pres la station de poste de Heel

Fig. 16

Coupe verticale de paroi surplombante
polie et blanchie, entre Moss et Soner

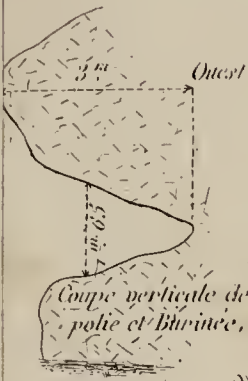
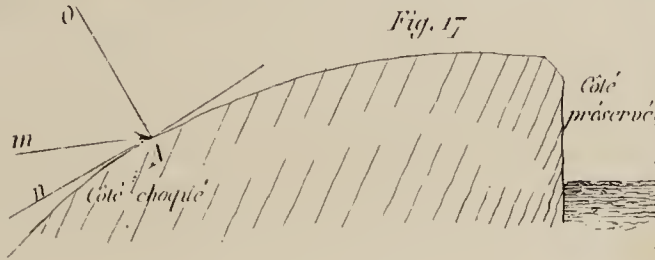


Fig. 17



Coupe longitudinale d'un petit monticule granitique abrupte sur
le côté nord, poli et strié sur le côté sud.

Fig. 18

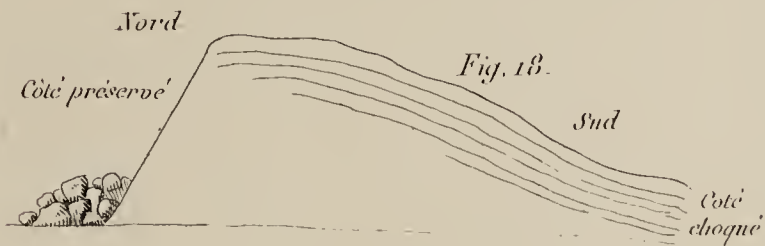


Fig. 19

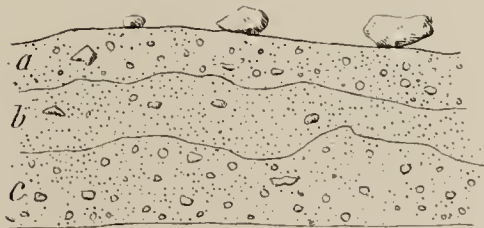


Fig. 20



AAA Petit
dun
muni Siller
du
op Cava
de

Cette manière de rechercher la marche la plus directe et la moins incertaine du connu vers l'inconnu me paraissait d'ailleurs une des plus convenables à suivre dans un cours, car on pouvait espérer d'arriver ainsi à donner aux bases de la science toute la certitude et toute l'originalité qui peuvent leur appartenir. Je suis bien loin sans doute d'avoir atteint un but si élevé ; mais si j'ai pu seulement réussir à le faire plus nettement entrevoir, je puis peut-être espérer d'avoir mérité par là une partie de l'indulgence dont mon travail a un si grand besoin, tant pour le fond que pour la forme.

Reproduites par la sténographie, mes leçons ont conservé toutes les imperfections de la diction orale, tout en perdant l'avantage des figures nombreuses dont le professeur peut s'aider à chaque instant, et qu'il n'est pas possible de reproduire en entier dans un livre. J'ai, toutefois, inséré dans celui-ci un certain nombre de cartes, qui ont été dessinées avec autant de soin que d'intelligence par M. Desmadril, dessinateur du Dépôt de la guerre, et qui suffiront, je l'espère, pour éclaircir les points principaux.

Beaucoup de données géographiques sont entrées dans le présent volume, parce que je m'y suis d'abord attaché aux objets qui viennent les premiers frapper les regards de l'observateur. Je m'y suis occupé, en premier lieu, de la surface même du sol, des matières mobiles ou à peine consolidées qui en forment la pellicule extérieure. Les éléments de la terre végétale, la surface de cette terre, rendue presque invariable par les racines des végétaux, les sables agités par le vent, les matières incohérentes que la mer remue sur ses bords, et celles que les rivières y entraînent, m'ont présenté des faits nombreux et bien constatés, dont le groupement m'a semblé offrir de l'intérêt. Les levées de sable et de galets que la mer entasse près de ses rivages, là où le mouvement des vagues s'affaiblit par l'effet du peu de profondeur et de la forme des côtes, m'ont paru fournir un de ces fils conducteurs qui méritent d'être recommandés aux observateurs futurs. J'ai signalé le rôle important que jouent ces *cordons littoraux*, de formes presque invariables, qui constituent la clôture extérieure des lagunes littorales, qui déterminent les barres des embouchures de certains fleuves, qui ont permis à certains fleuves de former des deltas, et qui fournissent des repères fixes pour mesurer les progrès de ceux de ces deltas, en assez petit nombre, qui ont réellement pénétré dans la mer proprement dite. J'ai cherché à rassembler d'une manière aussi complète que possible les faits aujourd'hui connus sur la marche des deltas les plus étudiés, notamment de ceux du Rhin,

Moine et de M. L. Durocher
sur les fleuves et rivières de la France.

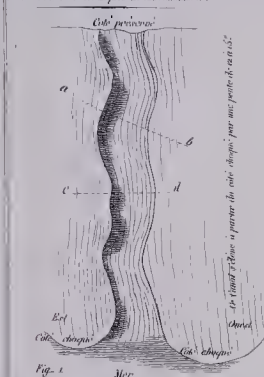
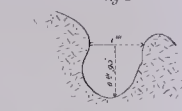


Fig. 1
Vue horizontale d'un Canal creusé à l'île St-Jacques.

de l'île St-Jacques au point de vue de la rive droite pour une partie de la rive.

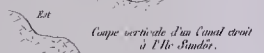
Coupe transversale de la Fig. 1 suivant a b.

Fig. 2



Coupe transversale de la Fig. 1 suivant c d

Fig. 3



Coupe verticale d'un Canal creusé à l'île St-Jacques.

Fig. 4

Ouest

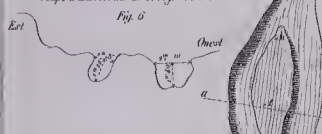


Vue horizontale d'un Canal creusé
se situant en 2 branches
à l'île St-Jacques.

Fig. 5

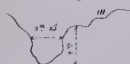
Coupe transversale de la Fig. 5 suivant a b.

Fig. 6



Coupe transversale de la Fig. 5 suivant c d.

Fig. 7



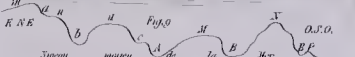
LA Petite rivière qui a débouché de
l'ancien du Canal en 2 branches.
MUN. Sillon creusé entre sur le bord
du Canal.
op. Canal creusé en forme
de petit sillon creusé au grand Canal.

Vue horizontale de l'ancien Sillon et Stries creusés et diversément recouverts
à l'île St-Jacques.

A.A. B.B. Canaux perpendiculaires creusés entre 2 petits canaux M.M. S.S. N.
P.P.P.P. ont une autre vallée de terrain creusé de l'ouest à l'est et un sillon creusé entre
les canaux A.A. et B.B. pour un canal creusé
à M.C.C. Canaux creusés séparés par les parties creusées de l'île.



Fig. 9



Coupe transversale de la Fig. 8 suivant la ligne courbe a.b.c.d.M.B.X.B.

Coupe transversale de la Fig. 8
suivant la ligne a b.

Fig. 10



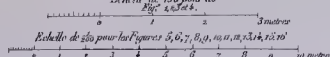
Vue de Stries et très larges Sillons creusés par les parties creusées et surplombantes à l'île St-Jacques.

Fig. 11



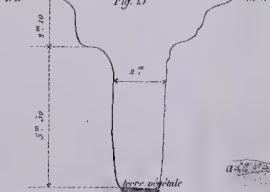
Coupe transversale de l'ancien creusé et profond à l'île St-Jacques.

Echelle de 100 pour les
Fig. 1 à 10.



Coupe transversale d'un fossé creusé dans les parties
sans puits et Stries à l'île St-Jacques.

Fig. 13



Coupe transversale d'un large Canal creusé dans l'île St-Jacques.

Fig. 14

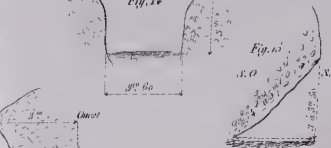


Fig. 15

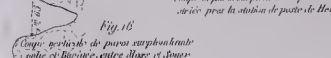


Fig. 16

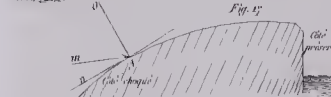
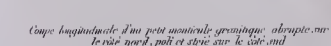


Fig. 17



Coupe longitudinale d'un petit canal creusé dans les parties
sans puits et Stries à l'île St-Jacques.

Fig. 18



Fig. 19

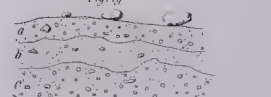
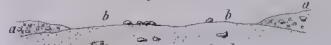


Fig. 20



du Pô, du Rhône, du Nil et du Mississipi. J'ai réuni de mon mieux les données de l'histoire à celles de l'hydrographie, et je les ai figurées sur des cartes construites d'après les publications les plus authentiques. Quoique bien imparfaits sans doute, ces documents s'éclairent mutuellement, et il me semble qu'on peut déjà y mesurer de l'œil, d'une manière grossièrement approximative, le temps qui s'est écoulé depuis que les agents actuels fonctionnent *sans interruption* sur la surface de notre globe.

L'accord approché de cette mesure de la période actuelle avec celle que fournit la marche progressive des dunes est un fait remarquable sur lequel j'aurais insisté plus fortement, si l'abondance des matières n'avait permis de réunir dans ce premier volume les observations relatives aux autres *chronomètres naturels* que nous offre la surface du globe. Les questions relatives à ce sujet ont tenu une place assez étendue dans mes leçons subséquentes, et devront entrer dans les volumes que je pourrais publier successivement, si les observateurs dont j'ai cherché à analyser les travaux et à rapprocher les découvertes trouvaient que la continuation de ce premier essai méritât d'être encouragée par leurs suffrages, que j'ai surtout ambitionnés dans un travail nécessairement long et souvent assez pénible.

M. Durocher donne lecture du Mémoire suivant :

Sur quelques faits pour servir à l'histoire des phénomènes erratiques de la Scandinavie, par J. Durocher.

Dans le dernier voyage que je viens de faire en Suède et en Norvège, j'ai eu l'occasion d'étudier sur de très vastes étendues le phénomène erratique de ces contrées, et j'ai observé des faits d'une espèce particulière que je crois propres à éclaircir la nature des causes qui ont été en jeu. Dans cette notice je me bornerai à signaler quelques uns de ces faits qui me paraissent incompatibles avec l'explication basée sur l'existence d'immenses glaciers, que MM. de Charpentier et Agassiz veulent appliquer au nord de l'Europe, de même qu'aux Alpes et aux Pyrénées.

Les faits dont je veux parler sont relatifs aux deux parties du phénomène erratique, c'est-à-dire aux sulcatures et aux dépôts de détritits; j'examinerai d'abord ce qui se rapporte aux érosions. Ainsi que je l'ai montré dans un Mémoire présenté à l'Académie des sciences au commencement de l'année 1843, et qui doit faire partie de la publication du Voyage en Scandinavie, les caractères

généraux des sulcatures sont à peu près les mêmes dans la Scandinavie, dans les Alpes et dans les Pyrénées: néanmoins, dans les régions que j'ai visitées cette année, j'ai remarqué certaines particularités qui n'avaient pas encore été signalées, et qui font connaître d'une manière positive les propriétés et la nature de l'agent sulcateur.

Les extrémités méridionales de la Norvège et de la Suède sont placées en regard l'une de l'autre, de manière à former un vaste golfe où le Jutland s'avance en pointe, et qui semble diviser en deux branches la partie sud de la péninsule scandinave. Sur les côtés est et ouest de ce golfe, dirigé moyennement du nord au sud, et au fond duquel se dessine gracieusement la ville de Christiania, les rochers sont presque partout arrondis, polis et striés; mais l'existence d'un côté rugueux et abrupte tourné vers la mer montre que les agents d'érosion venaient de l'intérieur des terres et se sont enfoncés dans le golfe en marquant les traces de leur passage jusqu'au-dessous du niveau actuel des eaux. Le long de ces rivages, depuis Göteborg d'un côté, et Arendal de l'autre, jusqu'auprès de Christiania, et principalement sur les petites îles qui bordent la côte norvégienne, les érosions diluviennes offrent des caractères bien remarquables, qu'il est rare de trouver aussi fortement prononcés dans les autres parties de la Scandinavie. On voit un grand nombre de canaux profonds et étroits, à parois polies et striées, de dimensions un peu variables, les uns de 25 à 50 centimètres de largeur sur 1^m,50 à 2 et 3 mètres de profondeur, les autres de 1 à 2 et 3 mètres de largeur avec une hauteur de 1 1/2 à 2 et 3 fois plus grande que la largeur. On voit en outre beaucoup de canaux cylindroïdes passant à de larges sillons, ayant de 30 centimètres à 1 mètre de largeur et une profondeur analogue. Parmi ces canaux, il y en a de rectilignes; mais beaucoup d'entre eux sont fortement ondulés ou serpentent en présentant une succession de sinuosités très rapprochées. L'axe de ces canaux et les stries que l'on y voit à l'intérieur ont la même direction générale que les sulcatures de la contrée environnante; il est évident que tout cela appartient à un même phénomène.

Très souvent ces canaux se bifurquent, se divisent en plusieurs branches, qui se réunissent un peu plus loin; d'autres décrivent des courbes arrondies, pour reprendre ensuite leur direction générale; mais dans les parties où leur courbure diffère beaucoup de la direction ordinaire des stries, celles-ci quittent les canaux, ou les croisent, et présentent aussi une allure un peu ondulée.

Beaucoup de ces dispositions ne pouvant être bien comprises

qu'à l'aide de figures, j'ai cru indispensable de joindre à cette notice des vues et coupes destinées à rendre plus sensibles quelques uns des principaux caractères que je viens de décrire.

La figure 1, avec les coupes 2 et 3, représente un canal ondulé, sur un rocher de syénite zirconiennne, à l'île *Sandøe*, dans le *Sandesund*, un peu au N.-E. de Laurvig, sur la côte de Norvège; ce canal part du niveau de la mer et s'élève en serpentant vers le sud avec une pente de 12 à 15°, puis il s'arrête brusquement à une paroi rugueuse et abrupte, qui formait le *côté préservé* (*lec-seite*). Le rocher est arrondi et poli sur le *côté choqué* (*stoss seite*) qui est tourné vers le nord; les stries que l'on voit à sa surface, à l'intérieur du canal, et le canal lui-même, sont dirigés moyennement au N. 13° E. (méridien astronomique) (1).

Dans cette région on trouve à chaque pas des canaux analogues à celui-là; on peut d'ailleurs en observer, quoique moins fréquents et moins bien caractérisés, dans toutes les parties de la Scandinavie, et M. Al. Brongniart, l'un des premiers observateurs qui aient fixé l'attention du monde savant sur le diluvium scandinave, m'a dit avoir observé, lors de son voyage en Suède, des exemples de ce genre.

Dans les figures 5, 6 et 7, dessinées à l'île *Skarholm*, on voit un canal large et ondulé, semblable à celui de la figure 1, se divisant en deux branches autour d'un monticule peu élevé et aplati, à la surface duquel les stries se continuent presque rectilignement, sans avoir éprouvé de déviation; elles sont aussi très nettement marquées sur les parois intérieures du canal. Sur le bord on voit deux larges sillons qui vont en serpentant; le plus petit se relie directement au canal principal et en forme comme une dérivation; mais l'autre en est indépendant et ne fait que le toucher en un point; des sillons sinueux, disposés de la même manière, se voient très fréquemment sur les parois ou sur le bord des grands canaux.

Ici la direction moyenne du canal et des stries est au N. 27° O.

Comme exemple de canal à grande section, je puis citer celui à travers lequel passe la route de Christiania à Göteborg, entre Hogdal, la première station de poste en Suède et le golfe de Svinesund qui établit la séparation entre la Suède et la Norvège. C'est une espèce de porte formée par la nature au milieu d'un rocher de granite (voir la figure 14); elle a 3^m,60 de largeur, et l'élévation

(1) Ces observations de directions et les suivantes ont été transformées et rapportées au méridien astronomique, afin qu'elles soient plus aisément comparables entre elles.

de la partie visible est d'environ 3 mètres au-dessus du dépôt de détritrus qui en occupe le fond, et dont l'épaisseur est inconnue. Les parois de ce large canal sont arrondies vers le haut, polies et striées; sa direction et celle des stries est N. 43° E. et coïncide avec celle des sulcatures sur les rochers environnants.

Entre *Kragerøe* et *Langesund*, deux ports de la Norvège, sur un des rochers de l'île *Såastein-Holm*, qui est battu par les flots, du côté exposé au N.-O., on voit trois canaux très rapprochés, dont la largeur vers le bas n'est que de 35 à 40 centimètres et dont la profondeur est de 2 à 3 mètres. Ils sont un peu ondulés, et leur section transversale, représentée par la figure 12, varie d'un point à un autre de la longueur; mais partout leur intérieur est poli et buriné, leur direction est la même que celle des stries sur ces rochers, c'est-à-dire N. 40° O.

L'île *Såastein-Holm* est formée de couches de schiste micacé et amphibolique, dont la direction varie entre l'E. 40 et l'E. 45° N., et qui plongent de 45 à 65° au N.-O. Ces couches sont divisées par un système de fentes profondes disposées transversalement; l'une de ces fentes, dont la figure 13 offre la coupe, est dirigée au N. 42° O., et par suite dans un sens exactement parallèle aux sulcatures déjà mentionnées. Des stries très nettes et à peu près horizontales se voient sur les parois de cette fente jusqu'à la partie inférieure, qui est occupée par de la terre végétale à une profondeur de 7^m,40; et il faut remarquer que la largeur maximum de cette fente ne dépasse pas 2 mètres.

La figure 4 montre encore un exemple de canal étroit et profond que j'ai dessiné sur un rocher de syénite zirconienne, à l'île *Sandøe* déjà citée.

L'île *Skarholm* (île nue), située à l'est de *Kragerøe*, que j'ai eu le plaisir de visiter avec M. *Veiby*, jeune minéralogiste, qui a découvert dans cette contrée beaucoup de minéraux rares, m'a offert un des exemples d'érosion les plus curieux et les plus instructifs que j'aie eu l'occasion d'observer: on voit (fig. 8 et 9) deux canaux principaux, A et B, qui communiquent l'un avec l'autre en décrivant une courbe ondulée, et qui serpentent autour de deux petits monticules M et N; les stries qui s'étendent sur toute la surface de ce rocher serpentent aussi en décrivant à peu près les mêmes sinuosités que les canaux, mais elles les coupent plus ou moins obliquement dans les parties dont la courbure s'écarte beaucoup de la direction normale des stries; les variations sont ordinairement comprises entre les limites N. 20° et N. 35° O.

Un peu plus à l'ouest, on voit plusieurs canaux secondaires, a,

b, c, très sinueux et un peu irréguliers, dont la largeur et la profondeur varient beaucoup d'un point à un autre : ils prennent naissance au niveau de la mer, sur le côté des rochers qui est exposé au nord ; puis en a', b', c', ces canaux s'effacent insensiblement par une diminution graduelle de leur profondeur, tandis que les canaux principaux A et B se prolongent à une distance beaucoup plus grande.

En général, les canaux que j'ai observés ont leur ouverture principale sur le *côté choqué*, c'est-à-dire tourné vers les points de l'horizon d'où venait l'agent d'érosion, et facile à reconnaître en ce qu'il est arrondi, poli et strié. Ces canaux s'élèvent vers le côté opposé avec une pente plus ou moins forte, mais qui dépasse rarement 30° ; tantôt ils s'aplatissent peu à peu et se terminent insensiblement en atteignant la surface supérieure des rochers, qui est polie et striée ; tantôt ils se prolongent sur une étendue d'une quinzaine de mètres ou plus, et s'arrêtent brusquement à une paroi rugueuse et abrupte formant le *côté préservé* ; néanmoins il arrive souvent, quand les rochers sont plats et à pentes douces, que le *côté préservé* n'existe pas et que leur surface est partout polie, sillonnée et striée.

Je dois ajouter que plusieurs personnes en Norvège ont remarqué des faits analogues à ceux que je viens d'exposer ; ainsi MM. *Keilhau* et *Scheerer*, professeurs à l'université de Christiania, et dont les noms sont bien connus dans la science, m'ont dit avoir observé aussi des sulcatures à l'intérieur de canaux ou de passes étroites, et comme moi ils les jugent tout-à-fait incompatibles avec l'explication fondée sur la supposition de glaciers ; d'ailleurs, la théorie de MM. de Charpentier et Agassiz a trouvé jusqu'à ce jour bien peu de partisans dans le Nord de l'Europe.

Dans les mêmes parages où j'ai observé les faits décrits plus haut, on rencontre un grand nombre de *pots de géants*, cavités cylindroïdes de 0^m,30 à 1 et 2 mètres de diamètre avec une profondeur de 2 à 3,4 mètres ou plus, dont la surface intérieure est arrondie et polie, et dont l'axe est habituellement très incliné et présente des ondulations plus ou moins fortes. D'ailleurs il y a une grande analogie de forme entre les pots de géants et les canaux cylindroïdes ondulés ; on peut même assimiler ceux-ci à des pots de géants qui seraient très peu inclinés ; cependant il y a entre eux cette différence essentielle, que les pots de géants ont leurs parois polies mais non striées.

Je vais passer maintenant à une autre circonstance qui me paraît

très importante dans l'étude du phénomène erratique : j'ai observé en Suède et en Norvège ; dans un grand nombre de localités , des sulcatures creusées profondément et avec beaucoup de régularité sur des parois surplombantes , dont l'angle à l'horizon varie depuis 90° jusqu'à 20° . Ce n'est point un phénomène exceptionnel ou anomal : je l'ai remarqué très fréquemment depuis la latitude de 64° , au nord de Droutheim , jusqu'aux environs de Göteborg , au-delà du 58° degré. Je me bornerai à indiquer ici quelques uns des exemples qui m'ont paru les plus saillants : je commencerai par en citer un fort curieux , que l'on voit à l'île *Skarholm* , sur les mêmes rochers où nous avons déjà observé des sulcatures remarquables par leur disposition. L'amphibolite schistoïde qui constitue cette île incline faiblement vers le N.-O. , en présentant des filons de granite à gros grains , où nous avons remarqué de la gadolinite ; de ce côté , la surface des rochers s'abaisse en pente douce vers la mer et présente les canaux que nous avons décrits ; mais du côté opposé , ils se terminent par des escarpements abruptes. On y remarque (voir fig. 10 et 11) une paroi verticale et auprès une paroi surplombante , inclinée de 67° à l'horizon ; sur cette dernière on voit s'élever de dessous le niveau de la mer des sillons très larges et ondulés , et à côté d'eux des stries qui suivent la même disposition et qui , en s'ondulant autour de la ligne de plus grande pente , s'étendent jusqu'à la ligne de séparation de la paroi surplombante et de la paroi verticale ; au-delà on voit se prolonger deux des canaux C et D en C' et D' , et l'on y remarque beaucoup de stries ; mais au lieu d'incliner de 60° et quelques degrés à l'horizon , comme celles que l'on voit sur la face surplombante , elles ont une pente qui ne dépasse pas 35° . D'après les dispositions qu'affectent les sulcatures sur la paroi surplombante , elles paraissent avoir été creusées par un agent érosif qui se serait élevé de bas en haut en frottant cette paroi avec une très grande force.

Cependant il est rare de voir , même sur des surfaces presque verticales , des sulcatures aussi fortement inclinées ; sur des parois arrondies , exposées au choc direct , les sillons et les stries montent suivant une inclinaison qui est ordinairement inférieure à 45° ; mais sur des parois planes et très inclinées , dirigées parallèlement au sens du mouvement de l'agent érosif , et qui ont été burinées sans avoir pris des formes arrondies et moutonnées , les sulcatures s'écartent en général peu de l'horizontalité , comme si elles avaient été tracées par un burin marchant horizontalement et non influencé par l'action de la pesanteur : aussi je répète que la disposition

presque verticale présentée par les sulcatures que je viens de décrire est un cas tout-à-fait exceptionnel et qui se présente bien rarement.

De même, dans les Alpes et dans les Pyrénées, sur des parois très inclinées et parallèles à la direction que suivait l'agent érosif, les sulcatures affectent aussi une disposition peu différente de l'horizontalité; on peut le vérifier à chaque pas dans ces montagnes: aussi je me borne à citer ici un des exemples les plus frappants. Si l'on remonte la vallée de la Reuss, au-delà d'Altorf, on voit les flancs escarpés de cette vallée s'élever à plus de mille mètres; sur une grande partie de cette élévation et sur plusieurs kilomètres de longueur, on voit, principalement sur le flanc gauche, un magnifique ensemble de sillons et de stries creusés horizontalement et avec beaucoup de régularité: c'est un des spectacles de sulcatures les plus grandioses que l'on puisse contempler.

Au nord de *Drontheim*, sur la route qui conduit de cette ville à *Ferdalsören*, tout près de la station de poste de *Heel*, sur un rocher de poudingue très dur et très tenace, mais composé d'éléments hétérogènes, de gros galets et petits blocs de quartz, de granite ordinaire, de leptinite à petits grains, de schiste cristallin quartzeux et micacé, de schiste argileux modifié, substances très diverses cimentées par une pâte de nature argileuse, on voit de belles surfaces polies et des sulcatures profondes qui sont très nettes et très régulières, malgré la différence de dureté des galets hétérogènes qui composent la roche et de la matière où ils sont empâtés. Ce qui est encore plus remarquable, c'est que les sulcatures se montrent avec la même régularité sur une paroi surplombante et très étendue, dont la coupe est représentée fig. 45. L'appareil a fonctionné sur une distance d'environ 45 mètres en burinant une surface inclinée de 45 à 50° et large de 4 à 5 mètres; les sillons et les stries sont très réguliers, presque horizontaux, dirigés au N. 43°, et s'élevant vers le S.-E. avec une pente de 4 à 5°, et l'on voit les mêmes sillons se prolonger sans discontinuité sur une distance de plusieurs mètres: ainsi il est évident que cette disposition surplombante, qui paraît anormale, n'a aucunement modifié les effets produits par l'appareil sulcateur; il semble n'avoir éprouvé aucun changement et avoir fonctionné avec autant de facilité et d'énergie que sur des surfaces horizontales.

On peut observer un exemple d'un genre un peu différent sur le côté oriental du golfe de Christiania, au nord de *Moss*, entre cette petite ville et la station de poste de *Soner*. Sur un rocher de pegmatite à gros éléments, on voit une paroi surplombante repré-

sentée fig. 16 et inclinée seulement de 30° à l'horizon ; mais au-dessous la surface du rocher se replie en avant, de manière que cela forme comme une coupure pratiquée horizontalement dans le granite. Cette entaille a une section un peu variable d'un point à un autre, mais qui est tout-à-fait semblable à celle des canaux étroits et profonds dont nous avons parlé plus haut ; elle forme, pour ainsi dire, un canal renversé horizontalement, dont la largeur est de $1^m,65$ près de l'ouverture, et de 30 à 40 centimètres vers le fond ; sa profondeur dans le sens horizontal est de 2 à 3 mètres. Les parois intérieures sont polies et striées dans le sens du N. 12° O., c'est-à-dire dans le sens général des sulcatures de cette contrée, et l'on voit les stries se prolonger sur 6 à 7 mètres de longueur.

Sur la route d'*Uddëvalla* à *Göteborg*, entre les stations de *Holm* et de *Hede*, on trouve beaucoup d'exemples de sulcatures sur des roches surplombantes, sous un angle à l'horizon peu considérable, et près la station de *Bäcka*, sur la rive droite du *Göta-Elf*, on en voit sur des parois en surplomb inclinées seulement de 20° , et dont la largeur est de $1^m,50$ à 2 mètres ; là les stries sont presque horizontales, et dirigées comme aux environs, c'est-à-dire du N. au S. Ces rochers sont formés d'un mélange de granite et de couches de gneiss faiblement inclinées vers l'ouest, et c'est probablement à cette disposition du gneiss que l'on doit attribuer l'existence des parois surplombantes presque horizontales ; mais il est bien certain que les sulcatures dont elles sont revêtues appartiennent au phénomène erratique et ne sont pas le résultat d'un glissement, car les arêtes des surfaces en retrait sont parfaitement arrondies, et les stries se voient sur ces arêtes et sur les autres faces des rochers qui ont des formes moutonnées. Je dois ajouter qu'en général les sillons et les stries ne sont pas marqués seulement près de l'arête arrondie des parois surplombantes, mais qu'ils s'étendent en dessous de cette arête jusqu'à une distance de quelques mètres.

Les caractères que je viens d'exposer, relatifs soit aux canaux profonds et ondulés, soit aux parois surplombantes, se voient, ainsi qu'on peut s'en convaincre par les exemples cités, sur des roches de nature très diverse et ordinairement très dures, sur diverses espèces de granites, sur la syénite zirconienne, les diorites, et aussi sur des roches schisteuses, gneiss, micaschiste, schistes amphiboliques, schistes cristallins ou schistes métamorphiques et aussi sur des poudingues.

Ainsi ce ne sont point des circonstances exceptionnelles dépendant de la nature des roches ; néanmoins je ne prétends pas que les passes étroites, les canaux à l'intérieur desquels on voit des

sulcatures, soient en entier l'ouvrage des causes qui ont agi dans le phénomène erratique; il est même probable que beaucoup des canaux profonds que j'ai cités n'ont pas été creusés entièrement par les agents diluviens, mais il est hors de doute que ceux-ci les ont façonnés, polis et sulcaturés, et que si d'autres causes en avaient fait une ébauche grossière, ils les ont pour ainsi dire sculptés et burinés.

Ces caractères des sulcatures scandinaves sont assez précis et assez généraux pour que nous puissions en déduire quelles étaient les propriétés des agents ou plutôt des appareils sulcateurs: ils devaient être mous, flexibles, susceptibles de contraction et de dilatation, capables de remplir un espace tantôt plus grand, tantôt plus petit, car la section des canaux striés varie d'un point à un autre; ils pouvaient se diviser facilement en plusieurs branches pour se réunir plus loin en une seule, pénétrer à travers des canaux ou des passes très étroites, en suivre toutes les sinuosités et en occuper toute la section; bref, ils possédaient toutes les propriétés des corps fluides. En outre, ils polissaient et burinaient sur toutes leurs faces, sur tout leur contour, en dessous de parois surplombantes ou presque horizontales; la disposition de ces appareils ou plutôt la force motrice qui les animait était telle, que l'action de la pesanteur ne pouvait avoir sur eux qu'une influence très faible et ne modifiait leurs effets que de quantités minimales.

L'énumération seule de ces propriétés suffit pour montrer quelle était la nature de la cause agissante, et l'on peut s'en servir comme de pierre de touche pour apprécier la justesse des théories à l'aide desquelles on a voulu expliquer les phénomènes dont nous nous occupons.

L'hypothèse des glacières ne peut évidemment satisfaire aux conditions du problème, puisque leur pouvoir sulcateur ne s'exerce qu'en dessous, puisqu'ils sont privés de cette flexibilité, de cette fluidité que devait posséder l'appareil d'érosion pour pénétrer à travers des conduits étroits et décrire une série de courbes ou d'inflexions: non seulement des glacières n'ont pu creuser des canaux profonds de quelques mètres, et larges de 30 à 40 centimètres, mais il est même évidemment impossible qu'ils aient pu y pénétrer, en polir et en strier les parois.

Les mêmes raisons font exclure l'idée que des glaces flottantes auraient pu jouer le rôle d'agents sulcateurs; d'ailleurs la glace est trop tendre pour creuser et buriner par elle-même des roches dures comme celles de la Scandinavie.

La manière de voir de M. de Buch, qui regarde les surfaces polies

et striées comme le résultat d'un mouvement de masses granitiques ou gneissiques divisées concentriquement, et dont les différentes parties auraient glissé les unes sur les autres, paraît peu propre à expliquer les caractères ordinaires des sulcatures, et il suffit même de les décrire pour réfuter cette théorie; mais son impuissance devient encore plus évidente quand il s'agit d'expliquer les circonstances que nous avons exposées plus haut.

La conclusion rigoureuse à laquelle nous arrivons, c'est que l'appareil d'érosion ou le porte-outil devait être flexible et doué d'une certaine fluidité; mais l'outil lui-même était solide et formé par des sables, graviers et cailloux, les mêmes matières à l'aide desquelles les glaciers usent et polissent les rochers. Sous ce rapport, il y a une certaine connexion entre les deux systèmes qui sont en présence: les glaciers possèdent la faculté de polir et de buriner, mais par leur surface inférieure, en vertu du frottement qu'ils exercent sur leur fond par suite du mouvement de progression dont ils sont animés; cependant ce n'est pas la glace elle-même qui produit les érosions, mais bien les graviers et les cailloux qui se trouvent à la partie inférieure des glaciers et qui sont entraînés dans leur mouvement.

D'ailleurs il est peu probable que l'on imagine de nouveaux agents autres que ceux proposés jusqu'à ce jour; les différences essentielles des théories actuelles et de celles à naître ne peuvent guère consister qu'en des variantes de la manière dont on fait manœuvrer ces agents, du rôle qu'on leur fait jouer, et des causes auxquelles on attribue leur impulsion. Si l'on considère le phénomène erratique dans son ensemble, avec tous les effets divers qu'il a produits (et ce sont là les seuls éléments à l'aide desquels la raison humaine puisse bâtir des systèmes), on voit qu'il se résume d'une manière très simple. Nous avons sous les yeux les matériaux dont la nature s'est servie, des sables, graviers, cailloux et blocs; voilà les outils qu'elle a employés pour polir et buriner les rochers, mais il est évident que ces outils n'ont pas fonctionné seuls et sans guide. Or, qu'est devenu l'appareil où ils étaient enchâssés, et dont ils faisaient partie? Il a complètement disparu, s'est évanoui ou confondu au milieu des éléments qui recouvrent la surface du globe terrestre. A moins d'avoir recours à des hypothèses excentriques et en dehors des véritables données du problème, il est clair que cet appareil, dont la substance n'est plus reconnaissable aujourd'hui, devait être de l'eau; pour les partisans des glaciers, cette eau était à l'état solide; dans la théorie des courants, elle devait être liquide: or les caractères de fluidité que nous avons démontré être inhérents à

l'appareil d'érosion nous ramènent inévitablement à cette manière de voir.

Maintenant je vais montrer, par quelques considérations succinctes, que les caractères des sulcatures scandinaves sont facilement explicables dans la théorie des courants, mais à la condition d'admettre une vitesse très considérable. Si nous concevons, en effet, une masse de détritits de toutes grosseurs entraînée au milieu de courants d'eau très violents, nous aurons là un appareil mou, flexible et divisible, pouvant se bifurquer, se dévier et se courber en suivant des passes très étroites, possédant, en un mot, toutes les propriétés nécessaires pour satisfaire aux données de la question. Une pareille masse en mouvement peut polir et strier sur tout son contour et en tous les points par où elle passe; elle agira même plus fortement sur les parois de canaux étroits ou de passages resserrés que sur des surfaces plates, car dans le mouvement des corps fluides la vitesse et la pression augmentent à mesure que la grandeur de l'espace traversé diminue; elle devra agir aussi sur des parois surplombantes et même voisines de l'horizontalité, en vertu de ce principe que, dans les fluides, les pressions se transmettent également dans tous les sens. D'ailleurs la vitesse dont cette masse était animée, et qui était dirigée horizontalement, comme le prouvent les sulcatures horizontales que l'on voit sur les parois escarpées parallèles au sens du mouvement, cette vitesse MA devait, en contact avec toutes les faces des rochers, en A, par exemple, se décomposer en deux forces, une MA parallèle à la surface de la roche et en vertu de laquelle se continuait le mouvement; l'autre OA était une pression perpendiculaire à la surface, et représentait l'intensité de l'action sulcatrice, ou, pour ainsi dire, la charge qui pesait sur le burin, et sous laquelle il gravait plus ou moins profondément les caractères du phénomène erratique sur les roches de la Scandinavie. On comprend, d'après cela, que cette force érosive agissait sur toute espèce de paroi, verticale ou surplombante, en dessus et en dessous, pour peu que cette paroi fût placée un peu obliquement par rapport à la direction de la force motrice. Néanmoins les érosions pouvaient encore se produire, lors même que les parois étaient exactement parallèles à la direction de la vitesse horizontale; car il faut bien remarquer qu'il y avait en chaque point coexistence, ou, si l'on veut, développement simultané de deux forces sulcatrices, l'une provenant de la décomposition de la vitesse horizontale au contact de parois obliques, l'autre produite par la pression qui existait en tous les points de cette masse fluide, force que l'on peut se représenter comme une tendance à l'expansion, à la dilatation, et

agissant perpendiculairement à la direction du mouvement. C'est en vertu de cette action transversale que des sulcatures pouvaient être creusées, et l'ont été effectivement, sur des parois exactement parallèles au sens du transport. Il faut ajouter que cette force, en vertu de laquelle la masse fluide réagissait sur les parois qui la contenaient, devait avoir une énergie variable d'un lieu à un autre, plus grande entre des parois de rochers très resserrées et plus faible dans des plaines ou sur des plateaux peu accidentés. Néanmoins, en chaque point du mouvement, il y avait combinaison des deux forces que je viens de faire connaître, et qui s'ajoutaient l'une à l'autre pour sulcaturer la surface des rochers; l'une de ces forces pouvait devenir nulle en quelques cas; l'autre existait toujours, mais avec une intensité variable suivant la configuration du terrain.

Ces considérations vont nous conduire à une explication complète d'une circonstance extrêmement remarquable, l'un des caractères les plus frappants du diluvium scandinave: je veux parler du caractère des *stoss* et des *lee-seite*, des *côtés choqués* et des *côtés préservés*. Si nous concevons une masse fluide glissant le long de la face supérieure et des côtés latéraux d'un rocher, lorsqu'elle arrivera à l'extrémité, elle n'exercera pas d'action sur la paroi qui le termine, si certaines conditions se trouvent remplies; savoir, si cette paroi est un peu fortement inclinée et si la vitesse du mouvement est très considérable. En effet, cette paroi, vu sa position, ne peut être érodée qu'en vertu de la pression qui existe à l'intérieur du courant, pression qui est plus ou moins forte suivant que l'espace est plus ou moins resserré, et qui, au contact avec la surface du rocher, est augmentée du poids même de la masse en mouvement. Cette force agit donc dans un sens perpendiculaire à la direction du mouvement, et, par suite, si la paroi qui termine la roche est faiblement inclinée, les graviers et les cailloux pourront être frottés contre elle assez fortement pour y creuser des sulcatures. Si au contraire la paroi se rapproche d'être verticale ou plus généralement d'être perpendiculaire à la direction du mouvement, alors elle sera presque parallèle à la force expansive du courant et n'en éprouvera pas d'influence notable. On conçoit alors que, d'après la configuration des rochers, il pourra exister des parois préservées ou ne pas en exister, suivant que les parois tournées du côté de l'horizon opposé à celui par où arrivait l'agent érosif étaient plus ou moins inclinées relativement à sa direction, et aussi suivant que l'intensité de la pression intérieure était plus ou moins forte. Cependant il est facile de voir que l'effet produit dépend non seu-

lement de la valeur absolue de cette pression , mais aussi du rapport de cette pression à la vitesse du mouvement ; car si cette vitesse reste excessivement grande relativement à la force expansive , ce qui doit avoir lieu sur le haut d'un plateau , où aucune barrière latérale ne met obstacle à l'expansion de la masse fluide , alors les matériaux sulcateurs sont entraînés rapidement sans avoir le temps d'agir sur les parois qui ne s'opposent pas directement à leur mouvement.

C'est probablement à ces causes qu'il faut attribuer l'une des différences peut-être les plus essentielles qui existent entre les phénomènes erratiques de la Scandinavie et ceux des Alpes. Jusqu'à présent personne n'a , je crois , signalé dans les Alpes le caractère des *côtés frappés* et des *côtés préservés* ; néanmoins , dans le voyage que j'ai fait en 1840 dans ces montagnes , j'ai observé plusieurs exemples de *côtés préservés* , et j'en ai cité dans un mémoire présenté à l'Académie en 1843 ; j'en rappellerai un ici que l'on voit dans la partie supérieure de la vallée de la *Reuss* , à 4 kilomètres environ du col du *Saint-Gothard*. Au milieu de la vallée , qui est ici peu profonde , il y a un petit monticule granitique dessiné fig. 17 , couvert de sillons et de stries qui viennent du côté sud (le *côté choqué*) , et qui s'étendent jusqu'à une paroi abrupte et rugueuse , formant le *côté préservé* ; au pied de cette paroi est un petit amas de blocs et fragments de diverses grosseurs. Dans la même vallée , près le bourg de Wasa , on peut aussi remarquer que les sulcatures sont bien plus visibles et plus fortement empreintes sur le côté des rochers qui est exposé au S. Je me souviens encore que dans la vallée de l'Aar , entre l'hôpital du Grinsel et la vallée de la Handeck , localités bien intéressantes pour l'étude des sulcatures , les érosions sont mieux marquées et ont des caractères plus prononcés sur les parois de rochers exposées au sud que sur celles qui inclinent vers le nord ; j'ai fait des observations analogues dans des vallées situées au midi de la ligne de faite , principalement dans celle d'Aoste , jusqu'auprès d'Ivrée.

Cependant il est incontestable que le caractère des *côtés frappés* et *préservés* , qui est essentiel au diluvium du Nord , se montre beaucoup moins marqué dans les Alpes et les Pyrénées ; il n'y est qu'un caractère secondaire ou accessoire ; on y voit beaucoup moins fréquemment un côté des rochers parfaitement préservé , mais on peut remarquer , quand on remonte et descend une même vallée , que les érosions sont plus abondantes ou plus marquées sur le côté tourné vers la ligne de faite que sur celui qui incline dans le sens opposé. Dans ces montagnes , la force motrice des agents

érosifs devait être beaucoup moins grande que dans la Scandinavie ; car, dans la Suisse, les sulcatures ne se montrent d'une manière bien marquée que sur une étendue de 25 à 30 lieues, tandis que, dans la Finlande et la Suède, on peut les suivre sur plus de 250 lieues ; par suite, le rapport en étendue des effets produits ne serait guère que de 1 à 10. Je suis loin de prétendre que tel était le rapport des forces motrices ou des vitesses des masses en mouvement, mais cette comparaison fait voir que, dans le nord de l'Europe, la puissance du phénomène était beaucoup plus grande. La vitesse possédée par les masses sulcatrices devait être plus considérable, et de plus, en Suède et en Finlande, le transport s'opérait à la surface de contrées faiblement accidentées, de contrées à collines, tandis que dans les Alpes et les Pyrénées c'était entre les flancs escarpés de vallées profondes ; ici donc l'espace était bien plus resserré, le rapport de la pression intérieure ou de la force expansive à la vitesse du mouvement devait être beaucoup plus grand, et il en résulte comme conséquence immédiate, que les matériaux diluviens étant soumis dans les Alpes à une pression intérieure plus considérable, eu égard à la vitesse, pouvaient éroder et buriner les rochers mêmes sur les faces non exposées au choc, moins fortement, il est vrai, que sur les autres faces ; tandis que dans la Scandinavie ils étaient entraînés le long des rochers avec une trop grande vitesse pour qu'ils pussent frotter les parois qui ne se trouvaient pas directement sur leur passage.

Avant de terminer ce qui est relatif aux caractères des sulcatures scandinaves, j'ajouterai que sur le côté S.-E. de la Norvège, au midi de Christiania, les sillons ou les canaux diluviens présentent souvent des dispositions si singulières, qu'on éprouve quelque difficulté à s'en rendre bien compte ; ainsi, on a dû la peine à concevoir comment se sont formés les canaux ondulés, décrivant des courbes arrondies perpendiculairement à la direction générale du mouvement (voir fig. 8), ou les larges sillons et stries qui s'élèvent presque verticalement de bas en haut (voir fig. 10). Voici la manière d'expliquer ces caractères singuliers qui me paraît la plus satisfaisante : si l'on suppose que la mer était à un niveau supérieur à celui actuel lorsque les courants diluviens chargés de détritiques sont venus s'y précipiter, alors il se sera produit dans les eaux des mouvements tumultueux et irréguliers, les vagues auront pu jaillir en divers sens avec une grande force, ou même de bas en haut, entraînant avec elles des détritiques ; elles auront ainsi érodé la surface des rochers et produit ces sulcatures bizarres qui se sont conservées presque intactes jusqu'à

nos jours, bien que les flots de la mer actuelle les baignent en beaucoup d'endroits et tendent à les faire disparaître.

D'ailleurs, d'autres observations montrent que le niveau de la mer, lors de l'époque diluvienne, était un peu supérieur à ce qu'il est aujourd'hui. Car à Upsal, à la partie inférieure d'un dépôt de détrit^{us} arénacés diluviens, à une hauteur peu considérable au-dessus de la mer, est un banc argileux contenant des coquilles marines semblables à celles qui vivent aujourd'hui dans la Baltique; c'est une observation importante qui a été faite par M. Lyell et par M. Forchhammer. Mais sur les parties élevées de la Scandinavie, je n'ai pas remarqué de débris marins dans les dépôts de transport, et je ne crois pas qu'on en ait observé. Il est possible que le niveau de la mer ait éprouvé plusieurs oscillations, comme M. Daubrée a été conduit à le supposer par des considérations d'un autre genre; au commencement de la période diluvienne, le niveau de la mer aurait été plus élevé qu'il ne l'est aujourd'hui, et vers la fin de cette période, il aurait dépassé en beaucoup d'endroits le niveau actuel de près de 200 mètres, ainsi que le montrent les dépôts d'argile marine avec coquilles que l'on rencontre fréquemment au-dessus du terrain diluvien.

Maintenant je vais faire connaître quelques uns des caractères que présentent les dépôts de détrit^{us} diluviens répandus à la surface du nord de l'Europe, et nous allons en déduire une confirmation des conséquences auxquelles nous sommes arrivés par l'examen des sulcatures; savoir, que les glaciers n'ont pu jouer dans ce phénomène le rôle qu'on leur a attribué. Lorsque j'ai montré, dans un premier mémoire (voir la première livraison du *Voyage de la commission scientifique du Nord en Scandinavie, etc.*, Géologie), que dans les plaines de la Russie, de la Pologne, du nord de l'Allemagne et du Danemark, les détrit^{us} diluviens présentent une stratification bien développée; que l'argile, le sable, les graviers, les cailloux et les blocs tantôt se trouvent réunis dans une même couche, tantôt au contraire sont séparés dans des couches différentes, et que dans beaucoup de ces couches il y a des coquilles marines identiques avec celles qui vivent aujourd'hui dans la Baltique; en voyant des faits aussi précis, M. de Charpentier, l'un des principaux chefs de l'école glacialiste, a été forcé de faire une concession, et d'établir dans le terrain erratique du nord de l'Europe deux divisions, l'une au nord de la Baltique, censée produite par des glaciers, l'autre au sud de la Baltique, déposée dans un bassin de mer et avec des circonstances analogues à celles que j'avais signalées. Je vais reprendre la question à cet endroit,

et en remontant jusqu'aux lieux d'où ont été amenés les débris diluviens qui couvrent le nord de l'Allemagne, je vais montrer qu'il faut abandonner complètement l'idée de faire jouer un rôle aux glaciers dans le transport et le dépôt des détritiques, même dans les hautes régions de la Scandinavie; car là, comme dans les contrées situées au sud de la Baltique, nous allons trouver des témoins irrécusables de l'action des eaux.

Dans la région moyenne de la Suède, principalement entre les parallèles de 60 et de 58°, les dépôts de transport qui recouvrent la surface des roches anciennes se présentent très fréquemment sous la forme d'amas irréguliers ou d'entassements confus; on y voit des sables, des graviers, cailloux et blocs plus ou moins volumineux, mélangés grossièrement ensemble, et n'offrant pas d'apparence bien marquée de stratification; la surface en est ondulée, et cela forme de petites collines appelées *äsars* par les Suédois (plus tard j'aurai l'occasion de donner de nouveaux détails sur ces *äsars*). Le voyageur qui parcourt ces contrées monte et descend le long de ces collines diluviennes, très souvent sans pouvoir y découvrir une disposition, un alignement bien caractérisés (1): seulement, entre ces *äsars*, il voit presque toujours saillir de petits monticules de granite et de gneiss. Puis le sol devient peu à peu plus uni, et l'on atteint alors des plateaux, ou des plaines, ou des vallées plates et très larges, dont la surface est à peu près horizontale et dont le sol est composé de détritiques diluviens. On ne peut s'empêcher de remarquer l'horizontalité souvent parfaite de ces plateaux, et si l'on examine les détritiques, on reconnaît qu'ils ne sont pas mélangés aussi confusément que dans les amas disposés en forme de collines; en certaines parties le sable prédomine, il y a peu de cailloux et de gros graviers. Alors les voyageurs qui traversent la Suède, même sans but scientifique, observent que les routes sont en moins bon état, manquant d'un empierrement suffisant, parce que les paysans chargés de leur entretien devraient aller chercher des cailloux roulés à une assez grande distance. Dans ces parties, le dépôt diluvien présente déjà un commencement de triage; néanmoins il est rare de voir des caractères de stratification bien marqués dans la contrée dont je parle maintenant.

Mais si l'on s'avance plus vers le nord, au-delà d'Upsal, on voit ces plateaux et ces plaines se multiplier et acquérir une étendue de plus en plus grande: quand on pénètre dans l'intérieur de la

(1) Ici je ferai remarquer en passant que les *äsars* n'affectent pas constamment la direction N.-S., ainsi qu'on le croit en général.

Dalécarlie, et encore plus au nord, dans l'*Helsinglande* et le *Jemtland*, on voit le sol s'élever de plus en plus au-dessus du niveau de la mer; mais en même temps il devient de plus en plus uni, bien que les accidents qui en interrompent l'horizontalité acquièrent une élévation croissante et tendent à s'élever de la classe des collines à celle des montagnes, c'est-à-dire qu'au lieu d'avoir une hauteur de 30 à 60 mètres comme les collines situées plus au sud, ils s'élèvent jusqu'à 150, 200 et même 300 mètres au-dessus des plaines environnantes. Alors la contrée présente l'aspect d'une mer diluvienne, hérissée çà et là de petites montagnes qui forment comme des îles; et de même que dans les mers actuelles, tantôt ces îles sont rapprochées et liées entre elles sous forme de chaînons, et alors elles atteignent à une plus grande hauteur; tantôt elles sont isolées et plus ou moins écartées les unes des autres. Sur quelques-unes de ces montagnes, le granite, le gneiss ou le micaschiste se montrent à nu presque partout; mais bien souvent les détritiques diluviens en recouvrent les pentes et s'élèvent quelquefois jusqu'à leurs sommités, comme si les flots qui ont baigné la base de ces montagnes avaient été soulevés jusque sur leurs crêtes.

Si l'on étudie la nature des débris qui composent les plateaux diluviens d'où surgissent çà et là des îles granitiques, on voit se manifester l'action de l'eau avec les caractères les plus évidents; en effet, dans beaucoup de parties, et en général dans celles où l'horizontalité se voit sur d'assez grandes étendues, les détritiques consistent en sable pur, quelquefois très fin, sans graviers ni cailloux, identique avec le sable qui forme les plages de la mer dans les pays granitiques. Dans le nord de la Dalécarlie, dans l'*Helsinglande* et le *Jemtland*, même au milieu des montagnes élevées, dans le voisinage des frontières de la Suède et de la Norvège, et aussi dans la Laponie, on marche quelquefois pendant plusieurs lieues sur des dépôts horizontaux de sable très fin, tantôt contenant des blocs à l'intérieur ou à la surface, tantôt n'en contenant pas. Si, de plus, on examine ce sable, on voit qu'il est habituellement très quartzeux, contenant néanmoins de petits grains de feldspath et de fines paillettes de mica; mais ces deux minéraux y sont en petite quantité relativement au quartz, et beaucoup moins abondants qu'ils ne le sont dans des sables provenant de la désagrégation des granites et des gneiss et non encore livrés à l'action des eaux; ils sont d'ailleurs moins abondants que dans les dépôts sous forme d'amas, où les détritiques granitiques sont plus grossiers et entassés pêle-mêle.

Dans les immenses dépôts de sable de l'*Helsinglande* et du *Jemtland*, on ne saurait méconnaître l'action des eaux, et les partisans

de la théorie glaciaire qui visiteront ces lieux ne résisteront point à l'évidence des faits ; mais peut-être feront-ils une objection à laquelle je m'empresserai de répondre : Ces dépôts de sable témoignent de l'action des eaux, mais ils ont pu être formés soit par la mer à une époque où elle était plus élevée qu'aujourd'hui, soit dans des lacs ou vastes bassins pendant la période glaciaire ou vers la fin de cette période. D'abord la présence de la mer dans un état de tranquillité déterminée par un exhaussement de son niveau et sans mouvement violent, paraît peu probable, si l'on considère l'élévation de ces plaines de sable : je donnerai prochainement une liste des hauteurs auxquelles j'ai observé ces dépôts ou plaines de sable, et on verra qu'il y en a depuis le niveau actuel de la mer jusqu'à plus de 1000 mètres au-dessus : or, les niveaux anciens de la mer, dans des conditions de calme analogues à celles où elle est aujourd'hui, ne dépassent pas, d'après les observations que nous possédons, 200 mètres au-dessus de son niveau actuel ; un exhaussement de ses eaux jusqu'à une hauteur de plus de 1000 mètres, et un égal abaissement, s'ils ont eu lieu, n'ont pu se faire sans mouvements violents, et l'on rentre alors dans une des variantes de la théorie des courants. Quant aux lacs, il a pu en exister anciennement dans de larges vallées et dans quelques plaines ; je crois même que, pendant la période qui a précédé la nôtre, les lacs présentaient en Suède et en Norvège un développement incomparablement plus grand qu'aujourd'hui ; mais sur les immenses plateaux horizontaux de l'Helsinglande, qui ne sont point circonscrits par un ensemble de collines granitiques, il est difficile de supposer l'existence de lacs ; le terrain a été recouvert par de vastes nappes d'eau, mais non retenues entre des parois qui en empêchassent l'écoulement.

D'ailleurs la dépendance intime entre ces dépôts de sable et les autres produits du phénomène erratique se manifeste clairement, si l'on étudie leur disposition relative : en effet, quand on parcourt ces contrées, on marche tantôt sur le sable, tantôt sur des détritiques granitiques de diverses grosseurs ; et si l'on rencontre un escarpement ou une tranchée sur laquelle se montre à découvert la structure interne de ce dépôt de transport, on voit qu'il consiste en une série alternative de zones formées de sable plus ou moins pur et de zones composées de graviers et de cailloux roulés, ces zones se succèdent sans beaucoup de régularité, mais en présentant une sorte de stratification que j'ai indiquée sur les figures ci-jointes.

Comme on le voit dans la figure 19, les surfaces de séparation, au lieu d'être planes, sont ondulées diversement et irrégulièrement

inclinées, tantôt se rapprochant, tantôt s'éloignant les unes des autres : c'est un genre de stratification tout-à-fait semblable à celui que présentent les zones d'argile, de graviers et de cailloux roulés du terrain tertiaire dans l'ouest de la France, terrain qui a été aussi formé par des actions diluviennes. On conçoit, d'après cela, que si l'on suit un sol légèrement ondulé, comme le représente la fig. 20, on peut marcher alternativement sur un dépôt de sable et sur un dépôt de graviers et de cailloux ; d'ailleurs ces zones alternatives renferment les unes et les autres des blocs erratiques ; il est indubitable qu'elles font partie d'un même terrain.

L'existence de ces dépôts de sable associés à des masses de détritiques plus grossiers et mélangés confusément, la nature même de ce sable, démontrent que le terrain erratique de la Scandinavie ne peut être assimilé à des moraines ; car on n'a jamais vu, que je sache, des moraines entièrement formées de sable fin semblable à celui des bords de la mer, et les glaciers n'ont pas la faculté d'opérer un triage dans les détritiques qu'ils transportent, d'en éliminer le feldspath et le mica en y conservant le quartz.

Des dépôts de sable de ce genre ne se voient pas seulement en Suède, mais aussi dans le terrain diluvien de la Norvège, sur plusieurs plateaux (aux environs, par exemple, de Røraås, où ils forment des espèces de dunes sur les pentes de la dépression où coule la Glommen), ou bien dans des vallées plates situées à une grande élévation ; cependant il est singulier de voir ces dépôts devenir plus rares, moins étendus et moins bien caractérisés dans les parties moins élevées de la Norvège méridionale, dans la région des collines ; ainsi, aux environs du lac Mjøsen, de Christiania, etc., de même qu'en Suède, dans la région des collines, ils sont aussi moins fréquents que dans les parties moins élevées. Dans le midi de la Suède, là où les collines granitiques tendent à s'effacer sous le terrain diluvien, celui-ci présente encore des dépôts de sable, mais peut-être moins remarquables par leur étendue et leur horizontalité que ceux de l'Helsinglande ; le sable y paraît être un peu moins pur, plus ordinairement mélangé de graviers et de cailloux roulés ; quand on l'examine de près, on y reconnaît le même triage indiqué plus haut, c'est-à-dire la prédominance du quartz relativement au feldspath et au mica.

Les caractères de ce triage sont encore poussés plus loin dans le Danemark, le nord de l'Allemagne, la Russie, etc. : alors, entre les zones de sable, de graviers et de cailloux, il y a encore des zones d'argile pure contenant des blocs erratiques ; il est vrai que dans la Scandinavie on rencontre quelquefois aussi des zones argileuses

dans le terrain diluvien , mais elles sont beaucoup moins épaisses que dans les pays au sud de la Baltique, et l'argile y est rarement pure ; elle est presque toujours sableuse ou mélangée de graviers, et impropre à la fabrication des briques et des poteries, tandis que cette fabrication est très développée dans le nord de l'Allemagne ; d'ailleurs il ne faut pas confondre avec le terrain diluvien les dépôts d'argile que la mer a laissés au-dessus à une époque plus récente. J'ajouterai que dans le midi de la Suède , dans le Danemark, la Poméranie, etc., de même que dans les parties septentrionales de la Scandinavie, la surface du terrain erratique affecte tantôt la forme de plaines unies , tantôt celle d'un sol ondulé ou de collines aplaties qui rappellent, mais sur une plus petite échelle , les âsars du centre de la Suède.

Ainsi , tous les caractères des effets erratiques , des sulcatures et des dépôts de transport concourent à nier le rôle que l'on voudrait faire jouer à des glaciers , et si l'esprit éprouve des difficultés à concevoir les effets extraordinaires qu'ont produits des eaux animées de mouvements très violents , parce que nous ne pouvons nous en former une idée nette en les comparant à ce qui se passe sous nos yeux , nous devons cependant accepter l'action de l'eau dans ce phénomène comme une base fondamentale , comme une conséquence déduite rigoureusement de l'observation ; ce n'est plus une hypothèse , mais le corollaire d'un théorème. Cependant je suis loin de prétendre que le phénomène erratique du nord de l'Europe , si imposant par son immense développement et par ses effets gigantesques, soit entièrement éclairci : l'action de l'eau étant une fois admise , on voit se dérouler à nos regards une nouvelle série de difficultés et d'énigmes dont la solution nécessitera des recherches bien nombreuses. Le phénomène erratique est-il simple ou complexe ? A-t-il été instantané ? Combien de temps a-t-il fallu aux agents d'érosion pour polir et sulcaturer la surface d'une grande partie des rochers de la Scandinavie ? Ces effets sont-ils compatibles avec le peu de durée d'un phénomène instantané ? Quelle a été l'origine de l'énorme puissance développée dans ce phénomène ? Si le mouvement de l'appareil sulcateur ne s'est pas maintenu sous l'action d'une force accélératrice , telle que la pesanteur , quelle cause a pu imprimer à cet appareil une vitesse originelle assez considérable , pour qu'il puisse parcourir des distances de plus de deux cents lieues , franchir des rochers élevés , surmonter tous les obstacles qu'il rencontrait ? Et bien que sa vitesse eût dû être beaucoup diminuée par toutes les résistances de frottement qu'il avait à vaincre , comment a-t-il pu entamer si profondément la

surface des rochers, jusqu'aux extrémités méridionales de la Suède et de la Norvège? En quels lieux se sont développées ces causes d'érosion? leurs points de départ se trouvent-ils exclusivement dans les montagnes qui existent en Norvège, ou sur les frontières de la Norvège et de la Suède? ou n'y a-t-il pas eu des centres d'action propres à chacune de ces contrées? D'après les faits que j'ai observés et que j'aurai l'honneur de communiquer à la Société géologique, le phénomène erratique se présente dans certaines parties de la Scandinavie sous une face nouvelle, et avec des caractères de complexité tout autres que dans les Alpes ou dans les Pyrénées. Malgré les nombreux et excellents travaux que beaucoup de savants ont déjà publiés sur ce sujet, si l'on réfléchit aux données qui nous manquent, aux observations qui restent encore à faire, on reconnaît que l'étude de ces faits n'est qu'à peine ébauchée et que nous ne possédons qu'une petite partie des matériaux nécessaires pour construire l'édifice d'une théorie durable.

M. Rivière demande si les sulcatures ne proviennent pas de filons comme premiers éléments de creusement.

M. Durocher ne nie pas qu'un filon puisse faciliter, dans quelques cas, le creusement de profondes érosions, mais il dit ne pas en avoir vu dans les exemples qu'il a cités; et il affirme que pour beaucoup de ces exemples, où le fond des érosions est à nu, il ne s'y trouve certainement pas de filon.

M. Rivière fait observer que beaucoup de terrains appelés tertiaires doivent être ramenés au terrain diluvien par d'autres considérations.

M. Durocher répond qu'il a observé des coupes où l'on voit des calcaires, qui sont positivement tertiaires, en recouvrement au-dessus de ces sortes de terrains ayant l'apparence diluvienne.

M. Desnoyers fait remarquer que la plupart des sulcatures et des corrosions superficielles des roches décrites par M. Durocher, comme résultant du phénomène erratique de la Scandinavie, offrent la plus grande analogie avec les sillonnements, les puisards naturels et autres cavités de formes très diverses qu'on observe si habituellement à la surface des roches calcaires de l'Europe occidentale. Or, si les faits exposés par M. Durocher sont les principales circonstances géologiques qu'invoquent à

L'appui de leur opinion les partisans de la théorie des glaciers comme agents de transport, il est évident qu'en France et en Angleterre des résultats entièrement analogues ont pu être produits et même ont été incontestablement produits par d'autres causes, semblables à celles que M. Durocher considère comme les plus vraisemblables pour le Nord. En effet, ces érosions, ces sillonnements, ces canaux tortueux, pénétrant habituellement de la surface à de très grandes profondeurs dans les anfractuosités du sol, et se continuant depuis les ouvertures des puits naturels jusque dans le fond des cavernes, avec lesquelles ces puits communiquent fréquemment, ne peuvent en aucune façon être attribués à l'action du transport de blocs erratiques par les glaces ou à la corrosion produite par le mouvement progressif des glaciers. On trouve de ce phénomène, si général en France et en Angleterre, une explication plus naturelle, soit dans l'action d'eaux courantes chargées de gravier et de limon qui s'insinuent de la surface du sol dans les anfractuosités intérieures, soit plus rarement dans l'influence de sources minérales ou acidifères; ces eaux, d'origine et de nature diverses, auront profité d'anfractuosités antérieurement produites par les innombrables dislocations des couches solides; leur action s'est manifestée à des époques géologiques très différentes, puisqu'on en observe les résultats au contact de terrains de différents âges et que des surfaces corrodées d'un calcaire jurassique, par exemple, ont été recouvertes par des dépôts tertiaires.

M. Desnoyers confirme, par ses propres observations sur les terrains tertiaires de la Bretagne et du bassin de la Loire, un autre point de vue exposé par M. Durocher, sur la distribution collatérale de dépôts contemporains de nature très différente, tels que bancs de sable, amas de gravier, limon, faluns coquilliers, qu'on voit former des espèces de bandes successives, dépendant évidemment d'un même terrain et résultant d'actions différentes des eaux. M. C. Prévost, de son côté, a généralisé ce point de vue dans le développement de sa manière d'envisager le synchronisme des formations géologiques.

M. Rivière, relativement aux puits naturels, rappelle que

M. Nœgaret s'est occupé de cette même question dans les tranchées des chemins de fer en Belgique, et qu'il a reconnu que ces phénomènes sont dus à des sources.

M. Virlet ajoute à ce qu'a dit M. Desnoyers à l'appui des opinions de M. Durocher, relativement aux trous de géant, que les hauts plateaux de la Franche-Comté présentent une série de cavités coniques en forme d'entonnoirs ou de cratères, et où les eaux pluviales, avec les graviers et les galets qu'elles peuvent entraîner, viennent se perdre; ce sont autant de puits verticaux semblables à celui connu sous le nom de *Grand-Clocher*, qui existe dans la grotte d'Echenoz, décrite par M. Thirria; ils communiquent à d'immenses cavités souterraines dont cette contrée paraît sillonnée. Lorsque les pluies ont été très abondantes, on voit surgir tout-à-coup de beaucoup de points de la surface du sol des jets d'eau abondants, dont quelques uns, dit-on, rejettent parfois du gravier. Il est évident que ces issues, qui forment siphon, doivent encore se modifier journellement par la chute et le parcours des corps que les eaux entraînent avec elles.

Le *Puits de la Brême*, situé à la base de la grande côte d'Ornans (Doubs), et le *Frais Puits* (Haute-Saône), qui rejettent quelquefois de si grandes quantités d'eau, que l'un fait déborder la Loue et l'autre inonde toute la plaine de Vesoul, ne sont que les dégorgeoirs des immenses réservoirs où viennent se rendre les eaux de ces puits verticaux. (Voy. *Bull.*, 1^{re} série, t. VII, p. 160.)

M. Murchison avait l'intention de présenter des observations sur ces phénomènes, mais il trouve que les observations de M. Durocher rentrent tellement dans les siennes, qu'il croit qu'il est impossible à un géologue de ne pas se rendre à l'évidence des faits qu'il vient de développer; il trouve que M. Durocher a employé trop d'arguments pour combattre la théorie des glaciers dans son application au phénomène erratique de la Suède; il regrette qu'il n'y ait personne présent ici pour la soutenir. Il y a seulement deux ou trois faits sur lesquels il voudrait adresser quelques observations à M. Durocher.

M. de Verneuil et lui n'ont pas vu de blocs anguleux dans l'intérieur des couches.

M. Durocher répond que les blocs observés par lui dans le dépôt erratique sont souvent usés ou même arrondis, mais qu'ils sont quelquefois anguleux. D'ailleurs il est rare de trouver des coupes un peu élevées du dépôt erratique; ce n'est guère que sur la pente des coteaux qui forment le bord des fleuves.

M. Murchison se félicite d'avoir présenté les mêmes idées dans le livre qu'il vient d'offrir à l'Institut avec M. de Verneuil; il trouve, en outre, que M. Durocher n'a pas assez insisté sur la détermination des centres du phénomène, ainsi que l'a fait M. Buckland; il convient pourtant qu'il est nécessaire de faire jouer un rôle à la glace dans cette question, mais non pas celui qu'elle joue dans les glaciers actuels des Alpes.

M. Durocher répond qu'il s'est proposé dans cette notice, non de décrire le phénomène erratique entier, mais seulement de faire connaître quelques uns de ses caractères; quant à ce qui concerne les centres d'action, il a observé des faits entièrement nouveaux; il a vu des sulcatures disposées perpendiculairement les unes aux autres, ne venant pas toujours des points les plus élevés, et appartenant à des systèmes particuliers. Actuellement il regarde comme prématuré d'établir des théories; il pense qu'auparavant il faut étudier avec soin toutes les circonstances que présente ce phénomène si vaste et si complexe.

M. Murchison regarde comme des exceptions les stries qui se croisent.

M. Rivière rappelle que M. Böhrling a déjà mis en relief le côté choqué et non choqué et les croisements de stries.

M. Durocher répond que l'observation des côtés choqués et non choqués est déjà ancienne; que M. Sefström l'a signalée il y a plus de dix ans. Quant au croisement des stries, M. Böhrling et M. Durocher en ont observé des exemples en Finlande la même année, et en ont décrit l'un et l'autre; mais ce sont des croisements sous des angles d'une trentaine de degrés. M. Durocher ne pense pas que personne ait décrit des sulcatures se croisant à angle droit antérieurement à ses observations.

M. de Verneuil appuie l'observation de M. Murchison, relativement à la position des blocs anguleux qui recouvrent une

si grande partie de la Suède. Ils lui ont paru également reposer sur la surface du sol et ne pas pénétrer dans l'intérieur même des grandes masses de sables et de cailloux roulés, soit que ces masses forment des collines à elles seules, soit qu'elles s'appliquent comme un manteau sur des collines préexistantes. Dans le court voyage qu'il a fait cet automne avec M. Murchison, M. de Verneuil n'a rien négligé pour s'assurer de l'exactitude de ce fait, qu'il avait déjà observé en Russie, et dont il faut absolument tenir compte dans la solution des problèmes que présente le phénomène erratique du nord de l'Europe. En effet, la superposition des blocs anguleux aux dépôts de sables et de cailloux roulés doit faire supposer qu'ils sont d'une origine plus récente, et introduit dans l'explication du phénomène erratique des idées de temps et de périodes distinctes.

Ces idées de durée et de succession sont encore confirmées par l'étude des dépôts sur lesquels reposent les blocs anguleux. C'est un fait déjà signalé par M. Brongniart, que les matériaux des *osars* ne sont pas déposés suivant l'ordre de leur pesanteur spécifique; on observe au contraire, assez ordinairement, que les bancs de sable sont à la base et les galets vers les parties supérieures. Souvent aussi les sables alternent avec les galets et présentent une espèce de stratification, les cailloux de même grosseur se trouvant réunis dans les mêmes couches. Or, comment expliquerait-on cet arrangement, si l'on n'admettait que les sables étaient déjà déposés quand, par des changements dans la force de translation, les galets sont venus les recouvrir?

Relativement à la disposition topographique des blocs anguleux, M. de Verneuil ajoute une observation importante, c'est qu'ils sont toujours groupés sur les éminences, sur les points saillants du pays, tandis que les dépressions et les vallées en sont dépourvues. C'est à cette absence de blocs et aux sables fins et souvent argileux dont elles sont remplies qu'est due la fertilité de certaines grandes vallées, telles que celles de Dal Elven, qui traverse la Dalécarlie.

M. de Verneuil fait observer, en même temps, que ces vallées ne sont pas unies, comme celle du Rhin, par exemple,

dont les alluvions ont nivelé le fond (1), mais qu'elles présentent des ondulations dont les parties saillantes, dès qu'elles atteignent une hauteur de 20 à 30 pieds, sont le siège d'accumulations de blocs souvent énormes.

Enfin, M. Verneuil appelle l'attention de la Société sur des faits qui méritent d'être pris en considération dans toute théorie où l'on se propose d'expliquer le phénomène erratique du Nord. Quand on examine les blocs erratiques de l'Allemagne, de la Russie, ou de l'île de Gothland, c'est-à-dire quand on se tient à une certaine distance du point de départ de ces blocs, on observe, sur un même lieu, des roches de nature différente et venues de différent pays. Mais quand on s'avance vers le nord, les choses se présentent sous un tout autre aspect. Certaines contrées paraissent avoir été des centres de production pour les blocs; ils y sont plus volumineux, plus nombreux que partout ailleurs, et ce qu'il y a de bien remarquable, c'est que dans chacune de ces localités on n'observe qu'une même variété de roches. Si l'on examine la nature des roches en place, on reconnaît qu'elle est la même que celle des blocs anguleux; ceux-ci ont donc été arrachés au sol sous-jacent, soulevés, déplacés et entassés les uns sur les autres par une force mécanique d'une grande puissance (quelques uns de ces blocs ont plus de 100 pieds de circonférence sur 20 pieds de hauteur). On ne peut attribuer leur production à des éboulements semblables à ceux que l'on voit au pied des hautes montagnes, car ils recouvrent particulièrement les sommités, ni à une désagrégation par altération de la roche, car outre que le phénomène est général et s'applique à toute espèce de roches, les blocs semblent être souvent à une petite distance de leur lieu d'origine, et reposent sur une mince couche de sable et de gravier.

Cette espèce de brisement des roches sur place ou de transport purement local est un phénomène très commun en Suède, mais il ne devient bien évident que lorsqu'on traverse des con-

(1) L'action alluviale des rivières actuelles en Suède est peu importante à cause des lacs nombreux qu'elles traversent et où leurs eaux se purifient.

trées dont la composition géologique est tranchée. Ainsi, dans les régions granitiques et gneissiques de Fahlun, les blocs sont tous composés de granites et de gneiss. Si l'on s'avance au N.-O., vers le district porphyritique du lac Siljan et d'Elfdal, les blocs granitiques disparaissent entièrement et font place aux blocs de porphyre et de syénite. Mais le phénomène est encore bien plus remarquable si, traversant cette région porphyritique, on s'avance jusqu'aux limites d'une vaste formation de grès rouge (probablement dévonien), qui s'étend vers l'O. C'est surtout sur les bords du lac Venjan que MM. de Verneuil et Murchison ont fait les observations les plus intéressantes, et cette localité ne saurait être trop recommandée aux géologues curieux d'étudier la nature de la cause qui a disjoint et fragmenté les roches de la Scandinavie. Le lac Venjan, long d'environ 22 kilomètres, est entouré de porphyre à sa partie méridionale; mais, dans les $\frac{2}{3}$ de son étendue, ses bords sont formés par les grès que nous venons de mentionner, et qui s'élèvent à plus de 300 pieds au-dessus de son niveau. A la jonction des deux terrains, les blocs de porphyre et de grès s'entremêlent sur une étendue d'un ou deux kilomètres, mais bientôt les blocs de chaque espèce finissent par regner seuls. Rien n'étonne plus le géologue que de voir, en arrivant sur cette formation horizontale de grès, le sol recouvert de dalles considérables de la roche sous-jacente. Ces dalles, parfaitement anguleuses, à surfaces planes et montrant sur leurs tranches une stratification très nette, obstruent tellement la surface du sol, qu'il est très difficile de découvrir la roche fondamentale, et qu'on a eu beaucoup de peine, soit à les écarter, soit à tourner autour des plus grands pour tracer la route nouvelle qui va de Venjan à l'usine hospitalière de Johannisholm. Ainsi donc, granites, gneiss, porphyres, grès stratifiés, tous les terrains sont couverts, dans cette partie de la Suède, d'un amas de ruines et de débris formés sur place et à leurs propres dépens, vastes magasins d'où peut-être sont dérivés plusieurs des blocs transportés au loin vers le sud. Quelle que soit la cause que l'on assigne à ce phénomène, deux conditions paraissent lui être nécessaires, c'est d'être à la fois *énergique* et *locale*.

M. Durocher répond à M. de Verneuil qu'en beaucoup d'en-

droits en Finlande, en Suède et en Norvège, il a remarqué, comme lui, que les blocs du dépôt erratique sont d'une même espèce, et paraissent provenir de rochers peu éloignés, ou même situés au-dessous du dépôt de transport, et en cela il est tout-à-fait d'accord avec M. de Verneuil; mais, dans une grande partie de la Suède, les rochers étant formés de granite et de gneiss, il est difficile de préciser d'où sont venus les blocs. D'ailleurs, en certains endroits, les blocs sont de natures très diverses, et ont été amenés de distances assez grandes; il cite comme exemple les blocs qui recouvrent la pente du coteau situé à l'O. de Fahlun, et sur lequel sont les mines de cuivre; ces blocs ne sont pas très gros, mais ils sont en certains points très rapprochés les uns des autres et comme juxtaposés; il s'y trouve un mélange de blocs provenant des lieux mêmes, et d'autres blocs détachés de rochers éloignés, situés au N. et au N.-O.

D'ailleurs, dans les dépôts de transport de la Scandinavie, le sable ne se trouve pas seulement à la partie inférieure, mais on le voit aussi tantôt alternant avec des zones de cailloux roulés, tantôt les recouvrant. Quant aux blocs, ils ne sont pas toujours exclusivement à la surface du dépôt erratique, quoiqu'ils s'y montrent ordinairement en plus grande abondance; mais il y en a aussi à l'intérieur; et, pour citer un fait bien connu, il rappelle que, dans certaines parties du nord de l'Allemagne, on cherche ces blocs à la sonde pour les employer comme matériaux de construction. M. Durocher a déjà fait observer dans son premier mémoire sur le phénomène diluvien, présenté à l'Académie des sciences le 10 août 1840 (1), que les blocs erratiques sont en général plus fréquents sur les éminences que dans les parties basses, surtout quand ils sont observés par groupes; et il a expliqué ces faits, au moins pour certains cas, en exposant que ces éminences formaient des îles ou des bas-fonds sur lesquels venaient échouer des glaces flottantes qui servaient de radeaux: cependant les blocs erratiques ne manquent pas tout-à-fait dans les dépressions. M. Durocher ter-

(1) Voyez les *Voyages en Scandinavie*, etc., Géologie, par M. Durocher, 1^{re} partie, p. 435. (Arthus Bertrand, éditeur, Paris.)

mine en disant que les dépôts de transport de la Scandinavie affectent des formes, des manières d'être et des compositions très diverses ; que les caractères qui leur sont propres se montrent plus ou moins prononcés dans telle ou telle région ; que cela tient peut-être à des circonstances inhérentes au phénomène et variables d'un point à un autre, mais que cela dépendait en beaucoup d'endroits du relief que présentait la contrée antérieurement au phénomène erratique.

M. Elie de Beaumont fait observer que ce qui rend si remarquables les sillons signalés par M. Durocher, c'est qu'ils sont dans des roches dures ; mais de pareils sillons existent dans les environs de Paris et notamment à Passy. La surface de toutes les roches en place est creusée de sillons qui sont remplis de débris erratiques. Ils contiennent de très gros blocs, ils ont un ventre très prononcé, et paraissent être l'équivalent de ce qui se voit dans le Nord et sur les hautes montagnes. Cela se remarque dans les couches marneuses, comme dans les couches plus solides du calcaire grossier. On n'y voit ni stries ni sulcatures, parce que les roches n'étaient pas d'une nature assez durable pour les conserver ; mais il résulte du seul fait de l'existence des canaux sinueux souvent renflés dans leur fond que le phénomène erratique du centre de l'Europe a eu assez de force pour atteindre le bassin parisien et y produire en partie les mêmes phénomènes qu'au pied et dans les vallées mêmes des hautes montagnes.

M. de Verneuil rappelle qu'au N. de Paris, la craie présente à sa surface de profondes découpures, remplies tantôt par le terrain tertiaire inférieur, et tantôt par les argiles et les cailloux diluviens. Le chemin de fer de Paris à Amiens en fait voir de nombreux exemples, qu'il a déjà signalés, avec M. d'Archiac, dans le Bulletin de l'an dernier (Voir pl. VIII, fig. 9).

M. de Verneuil pense que ces sulcatures existent aussi sur la craie.

M. Elie de Beaumont croit que la craie présente effectivement ces canaux ventrus qui sont remplis par le terrain tertiaire moyen, et il a vu un phénomène analogue se présenter au contact de la craie et de l'argile plastique.

M. Virlet fait la communication suivante :

Note sur l'origine métamorphique du granite des environs de Vire (Calvados) ; lettre adressée à M. Élie de Beaumont, par M. Virlet d'Aoust.

Vous savez qu'un des grands arguments des antagonistes du métamorphisme consiste surtout dans le défaut de preuves concluantes à l'appui de cette ingénieuse théorie, que du reste la plupart des géologues admettent aujourd'hui, quoique généralement encore avec de certaines restrictions qui tendent à en limiter l'action au contact ou au voisinage des roches stratifiées avec les roches plutoniques, tandis que ce phénomène dont il serait sans doute très difficile d'assigner, dès à présent, les véritables causes, s'est certainement fait sentir sur de très grandes étendues de terrain et a été, pour ainsi dire, général.

Il y a déjà longtemps que j'ai dit qu'il devait y avoir et qu'il y avait *nécessairement des granites métamorphiques ou régénérés*, et qu'on finirait par en trouver des preuves; mais comme l'opération du métamorphisme a précisément eu pour conséquence première de détruire ces preuves, en faisant disparaître tous les corps organisés que les roches modifiées pouvaient originellement contenir, il en résulte qu'elles doivent être d'autant plus rares et plus difficiles à rencontrer que la transformation de ces roches a été plus complète : or, comme beaucoup de granites sont précisément de ces roches arrivées à un métamorphisme extrême, c'était surtout là qu'il semblait très difficile de les trouver, quoique pour vous, comme pour moi, elles existassent dans la présence de ces nombreux noyaux micacés ou de toute autre nature qu'on y trouve parfois, et que quelques géologues regardent comme le résultat d'une ségrégation qui se serait opérée lors de leur consolidation, ou bien comme des fragments arrachés aux terrains traversés par les granites lors de leur surgissement.

Cependant, pour porter la conviction dans tous les esprits, il fallait des preuves plus concluantes, et qu'on ne pût contester; eh bien, vous apprendrez sans doute avec plaisir que ces preuves existent en grand nombre, qu'elles existent à Paris même, et que nous les foulons chaque jour aux pieds en parcourant ses rues, c'est-à-dire dans ces granites de Normandie que l'on emploie le plus généralement au revêtement des trottoirs. Elles viennent

appuyer et confirmer l'intéressante communication que vous avez faite, au commencement de cette année, à la Société (1), relativement à un galet de quartz évidemment roulé et trouvé engagé dans du vrai granite par un savant minéralogiste allemand, M. de Zippe.

J'avais dernièrement annoncé (*Bull.*, p. 19), à l'occasion d'une discussion qui s'était élevée à la Société géologique, que je regardais les granites de Normandie, d'après l'examen que j'en avais fait sur le quai de Jemmapes, comme de véritables granites métamorphiques, et je fondais alors mon opinion sur la nature très variable des nombreux noyaux qu'on y observe, et qui, bien que souvent modifiés eux-mêmes, le sont toujours différemment de la masse enveloppante; sur ce que ceux de ces noyaux qui sont de nature siliceuse n'ont pas été modifiés du tout ou bien le sont à peine sur les bords; sur ce que, enfin, beaucoup ont conservé leurs angles et d'autres leur forme de galets roulés. Depuis, mon attention ayant naturellement été rappelée sur cette question, je suis non seulement allé revoir ces granites sur le port, mais encore j'ai été assez heureux pour pouvoir les observer sur les trottoirs après l'une des dernières pluies et dans un moment où ils se trouvaient bien lavés. Voici les nouvelles observations intéressantes que j'ai faites et qui s'ajoutent aux précédentes.

1° Dans les dalles qui bordent la partie orientale du trottoir de la maison n° 77 de la rue de Grenelle Saint-Germain, il existe beaucoup de noyaux intéressants à étudier, les uns ayant conservé leur schistosité primitive, les autres offrant encore des contournements dans les feuillets de la roche; un d'eux est composé d'un fragment de gneiss amygdalin; un autre, et c'est le plus intéressant, se trouve traversé par un filon ou noyau de quartz blanc d'environ un pouce de puissance, et qui s'arrête à la périphérie du galet, en sorte qu'il n'y a pas là moyen de pouvoir douter de sa préexistence.

2° Dans la dalle de bordage, en face de la boutique du fruitier, rue du Bac, n° 73, existent plusieurs galets, dont un, en quartzite, a conservé des formes très bien accusées.

3° Dans une dalle située au bas de la porte d'un cordonnier occupant l'une des boutiques du n° 8 de la rue du Rocher, existe un superbe galet aux formes les plus arrondies et les mieux arrêtées, ayant environ 24 à 25 centimètres dans son plus grand diamètre et de 12 à 15 dans l'autre sens; c'est celui que j'ai reconnu

(1) Voir *Bulletin de la Société géologique*, t. II, 2^e série, p. 266.

jusqu'ici comme le plus remarquable sous le rapport de la conservation et de la netteté des formes.

4° Sur le trottoir de la partie nord de la maison n° 14 de la rue Laffitte, l'une des dalles offre un double intérêt : d'abord par plusieurs galets variés bien prononcés, et ensuite par la présence dans l'un d'eux de débris organiques, semblables aux psarolithes silicifiées des environs d'Autun ; ces apparences organiques consistent en une série d'anneaux d'environ un centimètre de puissance, se dessinant en blanc sur le fond noir siliceux du fragment, qui présente une forme angulaire bien prononcée.

Je me borne à signaler à votre attention ces quelques points comme étant ceux qui m'ont paru offrir le plus d'intérêt ; car dans toutes les rues, sur les ponts, sur les quais, les faits analogues abondent, et chacun, une fois averti, pourra les vérifier facilement en se promenant sur les trottoirs après une pluie abondante.

En résumé, de tous ces faits l'on peut tirer cette conclusion extrêmement importante, que le granite des environs de Vire, ou de Normandie, est un *granite métamorphique* ou *régénéré* par suite de la transformation d'une espèce de conglomérat contenant des galets et des fragments de différentes roches préexistantes, analogue, par exemple, au conglomérat houiller qu'on observe à Autun, à la base des anciens murs romains ; lequel n'est qu'une masse argileuse où se trouvent disséminés, exactement comme dans le granite de Normandie, des fragments anguleux et roulés de différentes dimensions et de différentes roches plus anciennes. Ceux des galets qui renferment des corps organisés aideront peut-être à faire remonter bien haut dans la série géologique cette formation granitique considérée jusqu'ici comme si essentiellement primaire. Que vont donc devenir la plupart de ces pauvres terrains primitifs auxquels vous avez déjà porté de si rudes coups par votre intéressant mémoire sur les roches cristallines de la Tarentaise ?

Il résulte enfin de ces faits que l'étude des roches dites anciennes, comme je l'ai dit, au reste, déjà depuis bien longtemps, est complètement à refaire ; qu'elle présente nécessairement de très grandes difficultés sous le rapport du classement géologique ; car si, lorsque les roches ont conservé leur caractère de schistosité ou de stratification en grand, comme par exemple les granites et les protogines des Alpes, la question de leur origine sédimentaire ne me paraît pas douteuse ; il n'en est pas de même quant à la question d'âge relatif, qui restera probablement, dans beaucoup de cas, un problème extrêmement difficile à résoudre.

M. Rivière ne regarde pas ces corps comme des galets.

M. Durocher croit qu'il est facile de distinguer les galets en cassant la roche.

Séance du 15 décembre 1845.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL, *vice-président*.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la réunion extraordinaire en septembre dernier, à Avallon, le Président proclame membres de la Société :

MM.

BOUESNEL, ancien ingénieur des mines de Belgique, à Avallon (Yonne), présenté par MM. Cotteau et Moreau ;

MONDOT DE LAGORCE, ingénieur en chef des ponts et chaussées, à Auxerre (Yonne), présenté par MM. Cotteau et Leymerie ;

GIRARD DE CAILLEUX, médecin de l'hospice des Aliénés, à Auxerre (Yonne), présenté par MM. Cotteau et Leymerie ;

DURY, ancien professeur de mathématiques, à Langres (Haute-Marne), présenté par MM. Renoir et Virlet ;

SERMIER, architecte de la ville, à Orange (Vaucluse), présenté par MM. Michelin et Leymerie ;

HÉBERT, sous-directeur de l'École normale, à Paris, présenté par MM. Rathier et Moreau ;

GARIEL, ancien notaire, à Avallon (Yonne), présenté par MM. Leymerie et Cotteau ;

HÉLIE, entrepreneur de marbreries, à Noyers (Yonne), présenté par MM. Leymerie et Rathier ;

BELGRAND, ingénieur des ponts et chaussées, à Avallon (Yonne), présenté par MM. de Charmasse et Moreau ;

ARRAUT, membre du Conseil général de l'Yonne, à
, présenté par MM. Leymerie et Moreau.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants*; novembre 1845.

De la part de M. L.-F. Jéhan, *Nouveau traité des sciences géologiques*; 2^e édition, in-18, 396 p., 1 pl. Paris-Lyon, 1844.

De la part de M. Jules Teissier-Rolland, *Études sur les eaux de Nîmes et sur l'aqueduc romain du Gard*; IV^e partie, in-8°, p. 813 à 1076, et XLIII à CXCI, 1 pl. Nîmes, 1845.

De la part de M. Ch. Martins, *Voyage en Laponie, de la mer Glaciale au golfe de Bothnie*, par A. Bravais et Ch. Martins (extr. de la *Bibl. univ. de Genève*, juillet 1845); in-8°, 27 p.

De la part de M. J. Durocher, *Mémoire sur la limite des neiges perpétuelles, sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux des Alpes, sur les phénomènes diluviens et les théories où on les suppose produits par des glaciers*; in-8°, 172 p., 3 pl. Paris, 1845.

De la part de M. J. Desnoyers, *Recherches géologiques et historiques sur les cavernes, particulièrement sur les cavernes à ossements de mammifères fossiles* (extr. du *Dict. univ. d'hist. natur.*); in-8°, 83 p. Paris, 1845.

De la part de M. J. Fournet, 1^o *Mémoire sur les tremblements de terre ressentis dans le bassin du Rhône*, par M. Alexis Pierrey (extr. des *Ann. de la Soc. royale d'agric., hist. nat. et arts utiles de Lyon*); in-8°, 82 p., 1 pl., Lyon, 1845.

2^o *Notes additionnelles aux recherches sur les tremblements de terre du bassin du Rhône* de M. A. Pierrey, par M. J. Fournet (extr. des mêmes *Annales*); in-8°, 24 p. Lyon, 1845.

De la part de M. Hardouin Michelin, 1^o *Faune de l'île Maurice; zoophytes, échinodermes et stellérides*, par Hardouin Michelin (extr. du *Magasin de zoologie* de M. Guérin-Mèneville, juillet 1845); in-8°, 27 p., 6 pl. Paris, 1845.

2^o *Rapport fait à la Chambre des Députés, session de 1845, au nom de la commission chargée d'examiner le projet de loi*

relatif à la conservation des sources d'eaux minérales, par M. Daguenet ; in-8°, 20 p., Paris, 1845.

3° *Instruction sur la manière d'inventorier et de conserver les objets qui peuvent servir aux arts, aux sciences et à l'enseignement* (exécution du *Décret de la Convention Nationale du 28 frimaire an II*) ; in-4°, 88 p. Paris, an II de la République.

De la part de la législature des États de Massachusetts, *Final report*, etc. (Dernier rapport sur la géologie de l'État de Massachusetts, par Édouard Hitchcock) ; in-4°, 834 p., 50 pl. Amherst et Northampton, 1841.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences ; 1845, 2^e semestre, t. XXI, nos 22 et 23.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. IV, n° 21 ; septembre 1845.

Annales de l'Auvergne, t. XVIII, septembre et octobre 1845.

L'Institut, 1845, nos 622 et 623.

L'Écho du monde savant, 1845, 2^e semestre, nos 44 à 47.

Commission hydrométrique de Lyon, mars, avril, juillet et août 1845.

The Athenæum, 1845, nos 945 et 946.

The American Journal of science and arts, by Silliman ; 1845, nos 98 et 99.

Correspondenzblatt, etc. (Bulletin de correspondance de la Société d'agriculture de Wurtemberg) ; nouv. série, t. XXVII, année 1845, 1^{er} vol., 1^{er} cahier.

Nova acta academici Cæsareæ Leopoldino-Carolinæ naturæ curiosorum, t. XXI, pars 1, 1845.

La Société reçoit en outre :

De la part de M. Henri Hogard, 1° *Carte géologique des Vosges*, en 4 feuilles grand-aigle, imprim. lith. d'Engelmann. Mulhouse, 1845.

2° *Esquisse géologique des terrains superficiels des Vosges*, 1 feuille colombier, impr. lith. d'Engelmann. Mulhouse, 1845.

Cet envoi est accompagné de la lettre suivante de M. Hogard.

Épinal, le 23 novembre 1845.

Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous adresser, en vous priant de vouloir bien les offrir à la Société géologique, un exemplaire de deux esquisses géologiques du département des Vosges, formant les tableaux d'assemblage d'une carte plus détaillée que j'ai rapportée sur les feuilles, terminées ou en épreuves, de la carte de France du dépôt de la guerre, et que je compte publier si je puis obtenir les autographies nécessaires. »

M. J. Delanoue formule ainsi sa réponse aux observations qui lui ont été faites dans la séance du 17 novembre 1845, page 48.

M. Virlet a demandé si la substance organique de nos manganèses était un bitume. Je me permettrai de lui faire remarquer que les bitumes proprement dits sont des hydro-carbures dans lesquels on ne trouve que par exception de l'azote, de l'oxygène et d'autres substances accidentelles. Ici l'azote ne peut être considéré comme un accessoire : il donne naissance à une proportion d'ammoniaque trop notable pour qu'il n'y ait pas autre chose que du bitume. Je n'ai pas encore eu le temps d'isoler cette substance ; mais l'analyse exacte que je me propose d'en faire promet peu d'intérêt ; il est probable qu'elle n'est qu'un mélange de corps hétérogènes déjà altérés par le temps et altérables encore par les réactifs. Du reste, et c'est là l'essentiel, l'existence dans ces manganèses de matières organiques est un fait certain, et je suis heureux de pouvoir invoquer à l'appui de cette assertion l'autorité de MM. Balard et Pelouze.

Je reconnais que des émanations gazeuses métalliques (chlorures de fer, manganèse, etc.) ont dû accompagner la plupart des phénomènes plutoniques ; mais ces substances salines, presque toutes solubles, ont nécessairement subi la loi des doubles décompositions au sein des eaux pluviales et marines. Des précipités d'oxydes et de sulfures hydratés de fer et de manganèse ont alors pris naissance et se sont déposés au sein des sédiments de grès et de calcaires qui se formaient à la même époque. Ils ont subi plus tard un déplacement évident

que j'attribue encore à une voie aqueuse. Et en effet, si, comme tout me porte à le croire, ces métaux ont été précipités à l'état de carbonates, d'oxydes ou de sulfures au minimum, leur suroxydation et leur remaniement épigénique ont dû être la conséquence immédiate et forcée de l'émergement du sol et de son lessivage par les eaux pluviales.

La théorie d'une émanation plutonique de bas en haut se trouve ainsi repoussée, tout à la fois, par la régularité des strates inférieurs, par la disposition généralement stalactiforme de ces hydrates, et enfin par leur association, désormais irrécusable, avec des fossiles marins et des substances organiques azotées.

M. de Wegmann communique à la Société l'extrait suivant d'une lettre à lui écrite par M. le consul-général de France en Sicile :

Palerme, le 2 décembre 1845.

« Je connais, mon cher ami, l'intérêt que vous portez à tout ce qui peut être utile aux progrès de la géologie. Si donc, par ma position ici, je puis être bon à quelque chose à la Société dont vous êtes actuellement le secrétaire pour l'étranger, il suffira d'un mot de la main de votre illustre président ou de la vôtre pour que j'accueille de mon mieux ceux de vos savants confrères qui pourraient être curieux de visiter ce pays. Mes relations avec les autorités de la Sicile, et mes douze ou quinze agents et vice-consuls à Messine, Catane, Syracuse, Trapani, Girgenti, etc., faciliteraient au besoin leurs explorations. »

La Société charge son secrétaire pour l'étranger de transmettre ses remerciements à M. le consul-général de France à Palerme, et décide que la communication qui vient de lui être faite en son nom sera imprimée textuellement dans son *Bulletin*.

M. Viquesnel donne lecture de l'extrait suivant d'une lettre de M. Davidson.

Boulogne-sur-Mer, 24 novembre 1845.

« Je vous aurais envoyé plus tôt ce que vous m'avez demandé; mais je n'en ai pas eu le temps, étant très occupé par de longues courses que j'ai dû faire pour un volumineux mémoire, accom-

pagné de 30 planches, que je suis en train d'écrire sur les terrains portlandien et kimmeridgien du Bas-Boulonnais. La recherche des fossiles de cette localité m'a occupé depuis plus de trois ans. J'ai rassemblé avec grand'peine près de 200 espèces de mollusques, etc., de ce terrain, dans le Bas-Boulonnais, et je crois être parvenu à réunir assez de matériaux pour pouvoir prouver qu'il n'est pas possible d'établir une distinction par le moyen des fossiles entre le Kimmeridge-clay et le Portlandien du Boulonnais. En un mot, les mêmes fossiles, à 2 ou 3 espèces près, se trouvent dans toute l'épaisseur de ces deux formations, comme je le démontrerai. »

M. Wattemare offre, au nom de l'état du Massachusetts, l'ouvrage de M. Hitchcock sur la géologie de cet état (*voy.* la liste des dons au commencement de la séance), et il annonce que dix-sept des États-Unis d'Amérique vont faire des communications pareilles, qu'il aura l'honneur de remettre à la Société.

Il dit que si la Société peut lui remettre les publications qu'elle fait il s'empressera de les transmettre.

Reponse aux objections de M. Durocher contre l'ancienne extension des glaciers de la Scandinavie; par Ch. Martins.

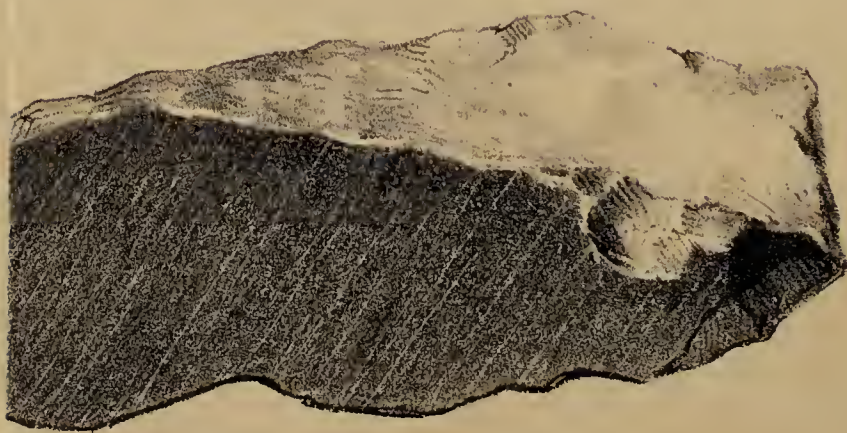
N'ayant pu assister à la séance dans laquelle M. Durocher a lu son Mémoire sur le phénomène erratique de la Scandinavie, je m'attacherai à combattre principalement les arguments contre l'ancienne extension des glaciers de la Suède et de la Norvège, qu'il a consignés dans la note insérée aux *Comptes-rendus de l'Académie* du 24 novembre 1845 (t. XXI, p. 4158). Je vais la reproduire intégralement; car elle est, comme je m'en suis assuré depuis, le résumé fidèle du mémoire qu'il a présenté à la Société, et le lecteur pourra peser plus aisément nos arguments réciproques. Dans ma réponse, je ne craindrai pas d'aller chercher la plupart de mes exemples dans les Alpes; en effet, les phénomènes du terrain erratique sont tellement semblables en Suisse et dans la Suède, qu'ils ne sauraient être attribués à des causes différentes. C'est l'opinion de M. de Buch (1), quand il compare les roches moutonnées des environs de Stockholm à celles de la Handeck,

(1) Ueber Granit und Gneuss vorzueglich in Hinsicht der auesseren Form. — *Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin*, p. 57. — 1842.



Fig 4

Fig 5



dans l'Oberland bernois ; c'est celle de M. E. de Beaumont , lorsqu'il disait en parlant de l'explication de ces phénomènes : (1) « On a souvent cherché à résoudre cette question d'après des observations recueillies dans une seule contrée ; mais les faits signalés dans ce rapport , joints aux rapprochements qui précèdent , suffisent , ce me semble , pour faire sentir que prononcer sur l'origine des sillons et des stries d'érosion du Nord , et des osars de la Suède , ce serait se prononcer en même temps sur l'origine des sillons et des stries d'érosion des vallées de la Suisse , et sur celle des blocs erratiques du Jura et des dépôts erratiques de la vallée d'Aoste , disposés à son entrée en véritables osars. Cette remarque doit rendre vos commissaires extrêmement circonspects à l'égard d'hypothèses dont l'application aura nécessairement une aussi grande généralité. » M. Durocher lui-même admet (p. 71 et 77) l'analogie des rochers striés , et des dépôts erratiques des vallées de l'Aar et de la Reuss , avec ceux de la Scandinavie. Par conséquent , je suis en droit d'éclairer les faits que présente l'une de ces contrées par des exemples empruntés aux pays qui nous avoisinent.

J'espère montrer dans cette réponse que la plus grande partie des phénomènes observés par M. Durocher sont dus à des glaciers. Les autres sont un effet des causes actuelles qui fonctionnent tous les jours sous nos yeux , et n'ont aucun rapport avec les phénomènes antéhistoriques dont il s'occupe. Quelques uns enfin doivent être attribués aux courants diluviens , conséquence nécessaire de la fusion des anciens glaciers de la Scandinavie.

Première objection. « Un caractère très important (2) et que j'ai observé dans beaucoup d'endroits en Suède et en Norvège , c'est l'existence de stries et de sillons sur des parois surplombantes , dont l'inclinaison à l'horizon varie depuis 90 jusqu'à 20 degrés , et les sulcatures ne sont pas marquées seulement près de l'arête arrondie des parois surplombantes , mais elles s'étendent en dessous de cette arête jusqu'à une distance de quelques mètres. Les caractères que je viens d'exposer sommairement montrent que l'appareil sulcateur devait être mou , flexible , susceptible d'une très grande mobilité , qu'il pouvait remplir un espace plus ou moins grand , se diviser avec facilité en plusieurs branches , pour se réunir ensuite en une seule , pénétrer à travers des canaux ou

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences* , T. XIV , p. 405. — 17 janvier 1842.

(2) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences* , 24 novembre 1845 , p. 4459.



Fig. 2

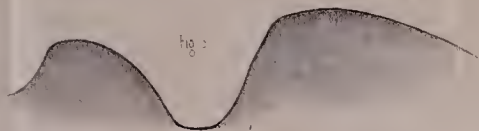


Fig. 3



Fig. 1

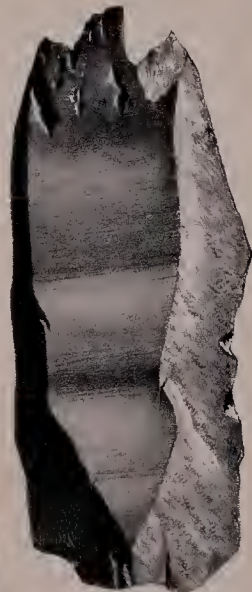


Fig. 5

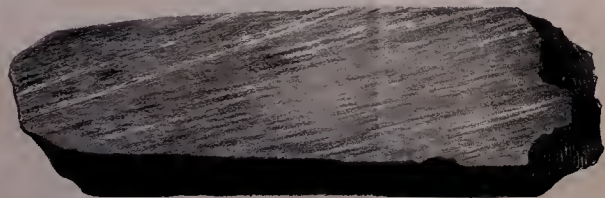


Fig. 4



dans l'Oberland bernois; c'est celle de M. E. de Beaumont, lorsqu'il disait en parlant de l'explication de ces phénomènes : (1) « On a souvent cherché à résoudre cette question d'après des observations recueillies dans une seule contrée; mais les faits signalés dans ce rapport, joints aux rapprochements qui précèdent, suffisent, ce me semble, pour faire sentir que prononcer sur l'origine des sillons et des stries d'érosion du Nord, et des osars de la Suède, ce serait se prononcer en même temps sur l'origine des sillons et des stries d'érosion des vallées de la Suisse, et sur celle des blocs erratiques du Jura et des dépôts erratiques de la vallée d'Aoste, disposés à son entrée en véritables osars. Cette remarque doit rendre vos commissaires extrêmement circonspects à l'égard d'hypothèses dont l'application aura nécessairement une aussi grande généralité. » M. Durocher lui-même admet (p. 71 et 77) l'analogie des rochers striés, et des dépôts erratiques des vallées de l'Aar et de la Reuss, avec ceux de la Scandinavie. Par conséquent, je suis en droit d'éclairer les faits que présente l'une de ces contrées par des exemples empruntés aux pays qui nous avoisinent.

J'espère montrer dans cette réponse que la plus grande partie des phénomènes observés par M. Durocher sont dus à des glaciers. Les autres sont un effet des causes actuelles qui fonctionnent tous les jours sous nos yeux, et n'ont aucun rapport avec les phénomènes antéhistoriques dont il s'occupe. Quelques uns enfin doivent être attribués aux courants diluviens, conséquence nécessaire de la fusion des anciens glaciers de la Scandinavie.

Première objection. « Un caractère très important (2) et que j'ai » observé dans beaucoup d'endroits en Suède et en Norvège, c'est » *l'existence de stries et de sillons sur des parois surplombantes, dont* » *l'inclinaison à l'horizon varie depuis 90 jusqu'à 20 degrés*, et les » sulcatures ne sont pas marquées seulement près de l'arête arrondie » des parois surplombantes, mais elles s'étendent *en dessous* de » cette arête jusqu'à une distance de quelques mètres. Les caractères que je viens d'exposer sommairement montrent que l'appareil sulcateur devait être mou, flexible, susceptible d'une très grande mobilité, qu'il pouvait remplir un espace plus ou moins grand, se diviser avec facilité en plusieurs branches, pour se réunir ensuite en une seule, pénétrer à travers des canaux ou

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, T. XIV, p. 405. — 47 janvier 1842.

(2) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 24 novembre 1845, p. 4459.

» passes très étroites, en suivre toutes les sinuosités et en occuper
 » toute la section, qui varie d'un point à l'autre. Cet appareil
 » devait donc posséder les propriétés des corps fluides; en outre;
 » il polissait et burinait sur *toutes ses faces*, sur tout son contour
 » en dessous de parois surplombantes et même presque horizon-
 » tales.

» Il est évident qu'un corps solide, tel qu'une masse de glace,
 » ne peut satisfaire à ces conditions de mollesse et de fluidité;
 » *d'ailleurs les glaciers n'usent, ne polissent et ne strient que par*
 » *leur surface inférieure, en vertu de la pression qu'ils exercent sur*
 » *leur FOND et de leur mouvement de progression.* Ici l'appareil ou
 » le porte-outil devait être fluide, mais l'outil lui-même était solide.
 » Il était composé de sable, graviers et cailloux, en un mot, des
 » mêmes matières à l'aide desquelles les glaciers polissent et
 » strient. Ainsi, on est amené presque in inciblement à la supposi-
 » tion de courants très violents charriant des détritrus de diverses
 » grosseurs. »

On le voit, M. Durocher pense que les glaciers ne polissent et ne strient que par leur surface *inférieure*, en vertu de la pression qu'ils exercent sur leur *fond*. Je craindrais d'abuser des moments de la Société si j'énumerais tous les glaciers de la Suisse et de la Savoie, qui strient et polissent les parois verticales formant les contre-forts de la vallée, dans laquelle ils se meuvent. En effet, presque tous les exemples de roches polies et striées, cités par les auteurs, ont été observés sur les rochers qui bordent le glacier. Sous le glacier, l'observation des stries est toujours difficile, quelquefois impossible; car il est rare qu'on puisse pénétrer sous la glace, et si l'on y parvient, il faut d'abord enlever la couche de sable, de cailloux et de boue qui recouvre les stries et les sillons, tracés par le glacier sur la roche sous-jacente. Le glacier de Rosenlaur est célèbre parmi les savants qui s'occupent de ces questions pour la facilité avec laquelle on peut observer les stries sous la glace elle-même. Mais ce n'est qu'en s'exposant à des dangers réels que MM. Hugi, Agassiz, Desor et Dolfuss-Ausset se sont aventurés sous les glaciers qu'ils ont étudiés. Pour éviter une énumération fastidieuse des glaciers qui rayent les parois latérales du lit qui les contient, je me bornerai à trois exemples qui me paraissent suffisamment probants.

Sur la rive gauche de la mer de glace de Chamonix, à 1500 mètres du pavillon de Montanvert, un promontoire s'avance dans la vallée occupée par le glacier. C'est le point de contact du gneiss avec le protogyne. On le nomme l'*Angle*. La glace s'appuie sur la

paroi verticale de la roche, comme le prouve la planche III du grand ouvrage de M. Forbes (1). J'avais visité cette localité en 1844. En y retournant, au mois d'août dernier, nous fûmes frappés, mon guide et moi, de voir combien le niveau du glacier avait baissé dans ce point. Les marques rouges tracées par M. Forbes sur le rocher étaient à une grande élévation au-dessus du glacier. En même temps, toute la hauteur du rocher de l'*Angle*, qui depuis plusieurs années se trouvait en contact avec la glace, avait le poli du miroir et était marquée de stries fines. Si l'on objectait que ces stries ont été faites par un agent qui les a burinées antérieurement à l'existence des glaciers, la réponse est facile; il suffit de comparer la netteté de ces stries récentes et la perfection du poli avec des stries et des surfaces polies plus anciennes qui sont à quelques mètres au-dessus du niveau moyen de la glace. En comparant ces dernières aux stries récentes, on reconnaît que l'influence prolongée des agents atmosphériques change complètement l'aspect de ces surfaces.

Le second exemple est emprunté à l'ouvrage de M. Forbes (2). Le glacier de la Brenva, un des plus considérables de ceux qui descendent du revers méridional du Mont-Blanc, ayant traversé le val Veni, s'est tellement élevé sur le contre-fort opposé de la vallée, qu'en 1818 il a renversé la chapelle de Notre-Dame de la Guérison, située sur le chemin de Courmajeur à l'Allée-Blanche. En 1821, la chapelle a été rebâtie, mais un peu plus haut. En 1844, j'ai visité cette localité : la chapelle était menacée d'une nouvelle destruction, et l'année précédente MM. Forbes et Carrel avaient pu faire enlever, sur le rocher calcaire, une plaque polie et striée *récemment* par le glacier avec lequel elle était *en contact*. Les grains de sable et de gravier qui avaient gravé les stries sur le rocher étaient encore enchâssés dans la glace, que ces deux savants ont été obligés d'abattre pour découvrir la surface polie.

J'ai pu prendre aussi la nature sur le fait près du glacier inférieur de Grindelwald. Ce glacier, qui descend du Schreckhorn et de l'arête de la Strahleck, se dilate considérablement au niveau du Zaesenberg, où il se trouve sur un terrain peu incliné; mais arrivé au tiers inférieur de sa course, près du point de contact du calcaire avec le gneiss, son lit se resserre de nouveau et forme le défilé de la Stierregg. Au-delà de ce défilé, la pente augmente brusquement,

(1) *Travels through the Alps of Savoy*, p. 76.

(2) *Travels*, etc., p. 203 et 206, et le plan topographique n° II, p. 493.

et le glacier se précipite dans la vallée de Grindelwald. En 1844, le glacier avait peu fondu, et au défilé de la Stierreg, la masse de glace se relevait de plusieurs mètres des deux côtés contre les parois calcaires, pour forcer en quelque sorte le passage. Sur la rive gauche, la glace remontait jusqu'au pied des sapins, qu'elle menaçait de couper par le pied; à droite, elle s'appuyait contre les parois verticales de la Stierreg. Étant descendu sur le glacier, j'abattis, avec une forte masse en fer, une partie de la glace qui touchait la roche, et *sous cette glace* je détachai des fragments de roches parfaitement polis et *récemment* striés (pl. II, fig. 4 et 5). Ces stries étaient le produit d'une force agissant de bas en haut, car toutes étaient redressées de 45° à l'horizon, dans le sens de la marche du glacier (1). Cette observation montre que les glaciers peuvent strier leurs parois latérales, même en agissant de *bas en haut* (2).

Les faits que je viens de rapporter seraient, à la rigueur, suffisants pour prouver que les glaciers se moulent sur les parois des canaux dans lesquels ils se meuvent; mais pour ne laisser aucun doute sur ce sujet et réfuter l'assertion de M. Durocher, qui leur dénie cette faculté, je choisirai quelques exemples. Et d'abord les glaciers peuvent se mouler exactement *sur le fond du lit* qu'ils occupent. En 1841, je visitai les sources du Rhin avec mon ami Étienne de Canson. Nous fûmes frappés de voir, en remontant le long du glacier qui donne naissance au fleuve et dont la pente terminale était de 66° , que la glace suivait exactement toutes les inégalités de la roche sous-jacente. Cette année j'ai reconnu le même phénomène sous le glacier d'Alalein, au fond de la vallée de Saas. Quelquefois cependant, quand il y a une cavité profonde dans la roche, le glacier passe par dessus et forme une voute. C'est ce que j'ai constaté sur le glacier de l'Eiger, près de la Wengernalp. C'est ce que MM. Desor et Dollfus-Ausset ont vu sous le

(1) Voy. *Bulletin de la Société géologique*, 2^e série, t. II, p. 280.

(2) M. Durocher a reconnu lui-même que certaines stries ne pouvaient être tracées que par une force agissant de bas en haut. Sur l'île de Skarholm, dans le golfe de Christiania, il a observé sur une paroi de rocher inclinée de 67° , des stries qui, elles-mêmes, font avec l'horizon un angle de 60 et quelques degrés, et il ajoute dans son Mémoire, p. 70 : « D'après la disposition qu'affectent les sulcatures sur la paroi surplombante, elles paraissent avoir été creusées par un agent érosif qui se » serait élevé de *bas en haut* en frottant cette paroi avec une très » grande force. » Comment expliquer cette direction ascendante au fond d'un courant diluvien tel que l'auteur le suppose ?

glacier de l'Aar (1). La règle n'est donc pas absolue, mais on peut donner facilement la raison de ces différences. Quand le sens de la progression du glacier est parallèle à l'axe, ou, si l'on veut, aux génératrices d'une cavité cylindroïde, alors il s'y introduit aisément. Mais si le sens de la progression est perpendiculaire à cet axe, alors le glacier passe par-dessus la cavité et forme un pont ou une voûte.

Il n'en reste pas moins démontré que la face inférieure d'un glacier *peut* se mouler sur le fond de la vallée qu'il occupe. Il en est de même des parties latérales qui se moulent aussi sur les parois du canal dans lequel le glacier se meut. Écoutons d'abord l'immortel législateur des Alpes; voici ce que dit de Saussure (2), en parlant du glacier du Mont-Dolent, qui avoisine le col Ferret : « Son plateau le plus élevé est un grand cirque entouré de hauts feuillets de granite de forme pyramidale. De là le glacier descend par une gorge dans laquelle il est resserré; mais dès qu'il l'a dépassée, il s'élargit de nouveau et s'ouvre en éventail; il a donc en tout la forme d'une gerbe serrée dans le milieu et dilatée à ses deux extrémités. » Ainsi, comme on le voit, la plasticité des glaciers a été entrevue par de Saussure, nettement formulée par Mgr. Rendu, évêque d'Annecy (3), et depuis exagérée, selon moi, par M. Forbes. Mais, dira-t-on, peut-être, ce sont là des dilatations et des resserrements de toute la masse du glacier, et il n'en résulte pas que le glacier puisse se mouler dans toutes les anfractuosités des rochers qui le bordent ou s'introduire sous l'arête d'une paroi qui surplombe : or, M. Daubrée (4) le premier et M. Durocher après lui, ont observé des stries sur les surfaces concaves de certains rochers de la Norvège. L'exemple suivant, décrit et figuré par M. Escher de la Linth (5), répond à cette difficulté. En juillet 1841, il a dessiné sur les bords du glacier de Viesch, dans le Haut-Valais, un rocher de granite qui n'était séparé de la glace que par un faible intervalle. Ce rocher présentait deux saillies convexes,

(1) *Nouvelles excursions et séjours dans les Alpes*, p. 420. — 1845.

(2) *Voyages dans les Alpes*, § 860.

(3) *Théorie des glaciers de la Savoie; Mémoires de la Société royale académique de Savoie*, t. X. — 1840.

(4) *Voyages en Scandinavie et au Spitzberg de la Commission du Nord. Géographie physique*, t. I, p. 223; et *Bulletin de la Société géologique*, t. XIV, p. 574. — 1843.

(5) *Bemerkungen ueber Prof. Sefstroem's Untersuchung ueber die auf den Felsen Scandinavien's vorhandenen Furchen. Poggendorff's Annalen der Physik*, t. LVI, p. 605. — 1842.

arrondies, situées l'une au-dessus de l'autre et séparées par une cavité. « Les sillons, dit-il, larges de trois décimètres et plus, tracés sur le rocher, étaient parallèles à la pente générale du glacier. En outre, il y avait sur la portion *concave* aussi bien que sur les parties *convexes* du rocher, de petites cannelures creuses, de deux à six centimètres de large, qui, elles-mêmes, étaient marquées de petites stries très fines, parallèles aux sillons et aux cannelures. » On le voit, la description du roc de granite arrondi et strié que M. Escher a observé sur les bords du glacier de Viesch, est identique avec celles que MM. Daubrée et Durocher nous donnent des parois surplombantes qu'il ont rencontrées en Suède. S'il était souvent possible de passer entre la glace et les rochers, qui s'élèvent sur ses côtés, il n'est point de glacier qui ne présentât quelque fait analogue à celui que nous venons de citer, mais cela est le plus souvent impraticable, précisément parce que le glacier est partout en contact avec ses parois. Là où la vallée est trop dilatée, le glacier n'occupe pas toute sa largeur, car le glacier est plastique, mais il n'est pas fluide et ne saurait s'étendre comme une nappe liquide. S'il m'était permis de citer les stries rectilignes et parallèles que l'on retrouve à 10, 20, 30, 50 mètres au-dessus du niveau moyen du glacier actuel, les exemples ne me manqueraient pas; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur le plan de la partie supérieure du glacier de l'Aar, que M. Wild a levée pour M. Agassiz. Mais on pourrait me contester que ces stries, quoique identiques avec les stries actuelles, soient dues à l'action du glacier, qui aurait eu jadis une plus grande puissance. C'est pourquoi je me suis borné à citer des exemples de stries *récentes observées au point de contact de la glace et de la roche*.

Je crois avoir montré, dans ce qui précède, que les stries et les sillons *rectilignes* vus par M. Durocher sur des parois verticales et sous des arêtes surplombantes sont un des effets ordinaires des glaciers actuels, et que leur existence en Suède est un argument de plus en faveur de l'ancienne extension des glaciers de ce pays; car nous allons voir tout-à-l'heure que les canaux sinueux creusés par l'eau sont fort différents des sillons et des stries burinés par un glacier. Mais auparavant, comme on pourrait être encore tenté d'attribuer à l'action de l'eau les sillons dont je viens de parler, je dois faire connaître un genre d'empreinte *en relief* laissé par les anciens glaciers, et où l'esprit le plus prévenu ne saurait voir l'action d'un corps liquide ou même semi-liquide.

Depuis la lecture de ce mémoire à la Société géologique dans sa séance du 15 décembre 1845, M. Élie de Beaumont a communi-

qué à l'Académie, le 5 janvier 1846, une lettre de M. P. Schimper. Ce savant a vu les glaciers actuels de la Suisse, du Tyrol, de la Carinthie, et visité depuis la Suède et la Norvège : aussi a-t-il été frappé comme moi de l'analogie extrême qui existe entre les phénomènes erratiques des deux pays. J'ai eu le bonheur de me rencontrer avec lui comme avec M. Agassiz (1) dans l'interprétation des faits reproduits par M. Durocher. De plus, M. Schimper (2) a fait connaître une preuve nouvelle de l'ancienne extension des glaciers qui établit une ressemblance de plus entre les effets produits sur les roches par les anciens glaciers de la Norvège et les anciens glaciers de la Savoie. Sur les hauteurs qui entourent Modum, en Norvège, M. Schimper a détaché une plaque du beau porphyre rhombique décrit par M. de Buch. Cette plaque présente des stries, rectilignes et parallèles, de deux à trois mètres de longueur. « Les bords des fissures qui traversent la pierre sont restés parfaitement tranchants ; les rognons siliceux sont coupés en deux comme les nœuds d'une planche rabotée ; les rognons *compactes*, au contraire, ayant réagi sur la masse rabotante, *font saillie et sont suivis d'une proéminence prolongée en ligne droite et ne s'aplanissant qu'insensiblement* ; ce qui prouve à l'évidence que le creux produit dans l'agent rabotant par le rognon s'est encore conservé pendant quelque temps après avoir dépassé ce dernier. »

Ce que M. Schimper a vu en Norvège, nous l'avons observé, MM. Bravais frères, Lepilleur et moi, à l'entrée de la vallée de Chamonix. J'ai déjà fait connaître ce fait à la Société helvétique des sciences naturelles, réunie à Genève en août 1845 ; je vais le reproduire ici avec quelques détails. Le voyageur qui s'élève en partant du village des Ouches pour aller aux Bains de St-Gervais par le passage de la Forclaz, arrive bientôt à une petite ferme appelée la Maison des Granges ; s'il monte sur la colline qui la domine au S.-O., il voit à ses pieds, à droite une prairie tourbeuse, à gauche un monticule couronné de sapins et de bouleaux. Entre le bouquet d'arbres et la prairie est une plaque de stéactiste argilleux de onze mètres de long sur sept mètres de large. Au-dessus et à l'entour de cette plaque sont de gros blocs anguleux de protogyne. A la partie supérieure de cette plaque, qui est inclinée de quelques degrés à l'horizon et plonge vers le N.-O., se trouvent plusieurs gros rognons de quartz dont la surface est polie. Chacun

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XXI, p. 1334 (15 décembre 1845).

(2) *Ibid.*, t. XXII, p. 43. — 5 janvier 1846.

de ces rognons est suivi d'un *demi-cylindre en relief dont la saillie au-dessus du niveau général de la plaque va en diminuant à mesure qu'il s'éloigne du nodule quartzeux*. Ainsi l'un d'eux, long de 8^m,30, faisait à son origine, près du nodule quartzeux, une saillie de 0^m,16; à son extrémité opposée cette saillie n'était plus que de 0^m,086. Un autre demi-cylindre avait quatre mètres de long. A l'origine la saillie était de 0^m,10, à l'extrémité de 0^m,05 seulement. Les trois moulures principales de cette plaque étaient séparées entre elles par des intervalles de 1^m,90 et 1^m,30.

Voici l'explication de ces demi-cylindres en relief. La partie inférieure du glacier pressant sur la roche se moulait sur le rognon de quartz, qui laissait son empreinte en *creux* à la partie inférieure de la glace. En vertu du mouvement de progression du glacier, cette cannelure creuse arrivait au-dessus de la surface du schiste qu'elle évidait à la manière d'une gouge, laissant *en saillie* les parties correspondant à la cannelure *creuse* de la glace et nivelant celles qui se trouvaient des deux côtés; mais à mesure qu'elle s'avavançait cette cannelure creuse tendait à s'effacer par suite de la fusion de la glace et de la pression continue sur une surface plane; de là la diminution dans la saillie de la moulure en relief à mesure qu'on l'examine plus loin du nodule quartzeux.

Sur les deux côtés d'un gros rognon de quartz se trouvaient *deux cavités* suivies de sillons en creux qui se perdaient au bout de quelques décimètres. C'est le phénomène inverse de celui des moulures en relief. La glace s'était moulée *en saillie* dans les deux cavités, et en s'avavançant sur la surface schisteuse, elle l'évidait en *creux* à la manière d'un soc de charrue.

De pareilles actions, inexplicables par l'eau, le sont aussi si l'on voulait y voir quelque jeu de stratification; car les plans des couches minces et fragiles du schiste sont coupés par le glacier sous un angle de 68 degrés, et elles présentent un poli parfait, accompagné des petites stries rectilignes et parallèles qui caractérisent l'action de la glace.

Seconde objection. « Sur les deux côtés du golfe que forment » les extrémités méridionales de la Norvège et de la Suède, et sur » les petites îles qui bordent les rivages depuis Arendal, d'un côté, » et depuis Gothenbourg, de l'autre, jusqu'à Christiania, les » catures diluviennes présentent des caractères d'une nature » spciale, qui se montrent rarement d'une manière aussi prononcée » dans les autres parties de la Scandinavie. On remarque dans » cette zone un grand nombre de canaux étroits et profonds, à » parois polies et striées de dimensions un peu variables, ayant

» les uns de 25 à 50 centimètres de largeur, sur une profondeur
 » de 1^m,50 à 2 et 3 mètres, les autres, de 1 à 2 et 3 mètres de
 » largeur, et une hauteur qui varie de 1^m,50 à deux et même à
 » trois fois la largeur. On voit, en outre, beaucoup de canaux
 » cylindroïdes passant à de larges sillons, dont la profondeur est
 » de 0^m,30 à 1 mètre et la largeur à peu près la même. Parmi ces
 » canaux, il y en a de rectilignes; mais beaucoup d'entre eux
 » sont fortement ondulés, *ou serpentent en présentant des sinuo-*
 » *sités très rapprochées; souvent ils se bifurquent, se divisent en*
 » *plusieurs branches qui se réunissent un peu plus loin. L'axe de ces*
 » *canaux et les stries que l'on y voit à l'intérieur ont la même direc-*
 » *tion générale que les sulcatures de la contrée environnante; il est*
 » *évident que tout cela dépend d'un même phénomène. J'ai observé*
 » ces caractères sur des roches très différentes, sur plusieurs espèces
 » de granites, sur la siénite zirconienne, le diorite et aussi sur des
 » roches schisteuses, gneiss, micaschiste et schiste amphibolique.»

Les canaux que décrit ici M. Durocher sont connus de temps immémorial sous le nom de *Lapias* en Savoie, sous celui de *Karren* ou *Schratten* dans la Suisse allemande. On peut les observer en petit dans la forêt de Fontainebleau, où ils ont été indiqués en 1841 par M. Durocher lui-même (1), sur le versant septentrional d'un ravin qui longe la gorge de Franchard, au sud de laquelle il est situé (voy. pl. II, fig. 1). Mais dans les montagnes, ces canaux sinueux se montrent sur une grande échelle, et, depuis Scheuchzer jusqu'à M. Studer, la plupart des géologues suisses les ont décrits avec tant de soin qu'il n'est pas permis d'ignorer leurs travaux sur ce sujet.

Déjà, en 1705, Scheuchzer (2) mentionnait les *Karren* de la Gemmi et discutait les deux opinions qui sont encore actuellement en présence: Voici ce qu'il dit en parlant du *Daubensee*: « *Circa hunc lacum videas passim saxis impressa undulata vestigia quæ*
 FORTÈ *diluvialibus aquarum undis figuram suam debent, nisi effectus hosce velimus adscribere ipsius aquæ nivalis stagnatione, quæ diutina movâ facile petras emollire et adjuvante aquarum e jugis altioribus versus lacum defluxu, excavare valet. Idem phenomenon observare licet passim in aliis alpium helveticarum summis planitiebus.* »

Plus tard de Saussure (3) signalait les fentes verticales de la

(1) *Comptes-rendus de l'Institut*, t. XIII, p. 69. 1844.

(2) Scheuchzer, *Itinera per Helvetiæ alpinas regiones facta annis 1702-1711*. Lugd. Bat. 1723. *Iter quartum* (1705), pag. 316.

(3) *Voyages dans les Alpes*, § 1496, 1509, 1510 et 1512.

montagne de Caume près de Toulon, celles de rochers calcaires de Cujes et de Gemenos et les formes arrondies des grès d'Olioules. Ebel (1) décrivit avec plus de détail les *Karrenfelder* de la Gemmi. Vers 1817, une discussion amicale sur l'origine de ces sillons s'éleva entre MM. Studer et Escher de la Linth, pères des deux célèbres géologues existants (2). Hirzel-Escher (3) les désigna le premier sous le nom qu'ils portent en Suisse. Enfin en 1840, M. Ferd. Keller (4) en fit le sujet d'une dissertation spéciale, résuma les travaux de ses devanciers, signala dans les Alpes vingt-quatre localités où on peut les observer sur de grandes surfaces, et donna une vue du grand *Karrenfeld* de la montagne de Silbern dans le canton de Schwitz. Depuis, M. de Charpentier (5) indiqua des *Lapias* dans un grand nombre de points du Valais et du canton de Vaud; M. Agassiz (6) dans les Alpes bernoises et dans le Haut-Valais; M. Favre (7) sur le Mont-Salève, près de Genève; M. de Collegno dans la vallée du Lys, près de Luchon dans les Pyrénées et dans le lit du Tarn, en face du village de St-Juéry (8); moi-même j'en ai observé sur le versant septentrional du Faulhorn (9) et dans le lit de l'Arve, en face le village des Ouches (10), à l'entrée de la vallée de Chamonix (pl. II, fig. 2).

En 1844, M. Studer consacra à ce sujet un chapitre de ses *Éléments de Géographie physique et de Géologie* (11), et donna une planche qui montre comparativement les *Karrenfelder* creusés par les eaux, et des roches arrondies, cannelées et striées par l'action des glaciers.

Les *Karren*, bien caractérisés et creusés uniquement par l'action des hydrométéores, se rencontrent principalement sur les formations calcaires (calcaires à rudistes, lia-jurassique, néocomien, de See-

(1) *Manuel du voyageur en Suisse*, t. II, p. 474.

(2) Meisner's *Naturwissenschaftlicher Anzeiger*, 1817, p. 37 et 55.

(3) *Wanderungen in weniger besuchte Alpengegenden*, 1829, p. 122.

(4) *Bemerkungen über die Karren oder Schratten (romanisch lapies) in den Kalkgebirgen*. Zurich, 1840.

(5) *Essai sur les glaciers*, p. 169.

(6) *Études sur les glaciers*, p. 200 et 256.

(7) Considérations géologiques sur le mont Salève, p. 93. (*Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, t. X.)

(8) *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 323.

(9) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XIII, p. 374.

(10) *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 322.

(11) *Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie*, t. I, 338.

wen); mais les eaux torrentielles peuvent creuser des roches très dures comme celles que M. Durocher a observées en Suède. Ainsi M. Studer a vu de profondes érosions dans le gneiss qui forme le lit de la Maggia, près Ponte-Brolla, en amont de Locarno; dans le granite du val Sesia, en aval de Riva. Les sillons verticaux qui divisent le granite très dur de cette localité ont souvent plusieurs mètres (*Klafter*) de profondeur et sont exactement comparables aux *Karren* des surfaces calcaires. Ces sillons sont accompagnés de marmites de géant (*pot-holes* des Anglais). Il en est de même dans le lit de l'Arve, près des Ouches, où les sillons et les marmites de géant sont creusés dans un stéactite serpentineux excessivement dur. Enfin M. Desnoyers (1) a fait faire un dernier pas à cette question; il a montré que ces canaux pénètrent dans l'intérieur du sol en traversant les formations les plus variées, que les eaux entraînent jusque dans l'intérieur des cavernes les ossements fossiles qu'on y trouve souvent en si grande abondance.

Tous les auteurs sont d'accord pour attribuer le creusement de ces canaux sinueux à l'action de l'eau seulement. Cependant il existe une nuance entre eux. Quelques uns ont pensé qu'en Suisse ces canaux ont été creusés jadis par les nombreux filets d'eau qui s'échappaient de la surface inférieure des glaciers. Sans nier qu'il ne puisse en être ainsi dans quelques localités, je crois, avec Scheuchzer, de Saussure, Escher de la Linth, MM. Keller, Studer, Favre et de Collegno, que ces sillons sont uniquement dus à l'action des eaux pluviales ou torrentielles. En étudiant avec soin et à plusieurs reprises, après des averses, les canaux du Faulhorn, des Ouches et de Fontainebleau (2), j'ai acquis la certitude qu'ils sont creusés par des filets d'eau, provenant de petites sources, de la pluie ou de la fonte des neiges. Souvent, en effet, on peut distinguer très bien l'eau qui filtre à l'origine de chacun de ces canaux, et coule en suivant toujours la ligne de plus grande pente.

Il est une localité où je voudrais pouvoir réunir tous les géologues qui doutent encore de l'ancienne extension des glaciers : c'est le bord de l'Arve, à l'entrée de la vallée de Chamonix, en face le village de Ouches. Là ils verraient dans le lit de l'Arve une marmitte de géant environnée de canaux sinueux, anastomosés entre eux, que l'Arve creuse lorsque ses eaux sont hautes

(1) Article CAVERNE du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, 1845.

(2) *Bibliothèque universelle de Genève*, 2^e série, t. XLI, p. 140. 1842.

(pl. II, fig. 2) : à quelques mètres au-dessus du lit de la rivière, des canaux *sinueux* de même nature, mais moins profonds, *sui-
vant la ligne de plus grande pente*, le long du contre-fort de la
vallée, et dus évidemment aux petites sources qui sourdent de la
roche. Ces *canaux sinueux* sont coupés sous un angle de 60° par
des stries *rectilignes*, non sinueuses, *non* dans le sens de la plus
grande pente, *mais qui font avec l'horizontale un angle de 30° , et
remontent d'amont en aval le long des flancs de la montagne*. Ces
stries ont été burinées par l'ancien glacier de Chamonix, qui,
s'engageant dans la gorge étroite des *Montets*, remontait des
deux côtés le long des parois de la vallée. Ces sillons et ces canaux,
si différents entre eux, sont tous creusés dans la même roche, un
stéaschiste serpentineux très dur. Et pour que les traces de son
passage fussent bien évidentes, le glacier a déposé sur ces stries
des blocs de protogine de 8 à 15 mètres de long, et a imprimé
à trois petites éminences la forme caractéristique des roches mû-
tonnées de la Suède. La surface nivelée par le glacier (*Stosseite*)
est tournée en amont, et la partie escarpée en aval, c'est-à-dire
dans le sens de la marche du glacier qui forçait l'issue de la vallée.
Au sommet, ces monticules offrent des stries rectilignes parallèles
à l'axe de la vallée (p. II, fig. 3).

M. Durocher a donc confondu deux choses bien distinctes et
d'origine bien différente : les canaux sinueux creusés par les eaux,
et les stries rectilignes burinées par les glaciers. Il est étonnant que
les localités dans lesquelles il a trouvé les canaux sinueux ne l'aient
pas éclairé sur leur origine. Tous ceux qu'il cite sont dans des îles
du golfe de Christiania. Or, voici d'après lui la forme de ces îles,
que M. Daubrée a figurées de son côté (1). Elles ont une surface en
pente inclinée de 30° environ (*Stosseite*) et tournée vers le nord. Le
côté opposé qui est tourné vers le sud est escarpé (*Leeseite*). C'est
sur la face inclinée que se trouvent ces canaux sinueux, qui d'après
les dessins mêmes de l'auteur (2), *viennent aboutir à la mer, où se
trouve leur ouverture principale*. Qui ne reconnaît ici les effets or-
dinaires du flux, du reflux et du ressac sur les rochers que la mer
creuse et sillonne en s'élevant journellement à leur surface? Le
creusement peut ensuite être augmentée par l'action des eaux plu-
viales qui coulent le long de ces plans inclinés et suivent les canaux
que la mer leur a préparés; et l'on ne peut pas s'étonner de ren-

1) *Voyages en Scandinavie de la Commission du Nord. Atlas de phy-
sique. Carte de la Scandinavie par M. Bravais, fig. 14 et 15.*

(2) *Voyez pl. I, fig. 1, 5 et 8.*

contrer ces canaux à une certaine hauteur au-dessus de la mer, quand on sait que les côtes de la Norvège sont sujettes à des oscillations qui les élèvent au-dessus du niveau de l'Océan après les avoir abaissées au-dessous (1).

« L'axe de ces canaux, ajoute M. Durocher (2), et les stries que » l'on y voit à l'intérieur ont la même direction *générale* que les » sulcatures de la contrée environnante. » Examinons ce parallélisme d'après les chiffres *mêmes* par lesquels M. Durocher a résumé (p. 67 et 68) leur orientation *moyenne* dans chacune des îles qu'il a visitées. Voici ces chiffres :

Ile Sandoë. . . .	N. 43° E.
Ile Skarholm . . .	N. 27° O.
Ile Saasteinholm . .	N. 40° O.

Moyenne. . . N. 48° O.

Ainsi M. Durocher appelle parallèles des sillons qui, dans un espace aussi limité que les petites îles des environs de Christiania, font entre elles des angles de 43°, de 40° et de 53°. Quant au parallélisme avec les stries de la terre ferme, il nous apprend, p. 68, que sur la route de Christiania à Gothembourg, à 10 myriamètres environ de Christiania, la direction des stries est N. 43° E., ce qui donne, pour l'angle que ces stries font avec la direction moyenne des canaux sinueux sur les îles du golfe de Christiania, un angle de 61°, et pour l'angle maximum un écart de 83°; sept degrés moins que l'angle droit ! Voilà quel est le parallélisme *général* dont parle M. Durocher. Si je vais chercher les éléments de mon calcul en dehors de son mémoire, les résultats ne sont pas plus satisfaisants. M. Siljestroem (3) a trouvé qu'aux environs de Christiania les stries rectilignes étaient orientées au N. 30° E., azimut qui fait avec la direction moyenne des sillons observés dans les îles du golfe un angle de 48°. En résumé, l'angle moyen que fait l'axe moyen des canaux sinueux des îles avec les

(1) Voyez la note de M. Daubrée sur le phénomène erratique du nord de l'Europe, et sur les mouvements récents du sol scandinave. *Bulletin de la Société géologique*, t. XIV, p. 573. 1843.

(2) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XXI, p. 1158 (24 novembre 1845).

(3) *Voyages en Scandinavie de la Commission du Nord. Géographie physique*, 1^{re} partie, p. 243.

stries de la côte est de $54^{\circ} 30'$, et par conséquent le parallélisme général dont parle M. Durocher n'existe pas (1).

Ainsi donc, en Suisse comme en Scandinavie, les stries rectilignes dues aux glaciers et les canaux sinueux creusés par les torrents, les sources ou les eaux pluviales, se coupent sous des angles plus ou moins aigus. Et quand même le parallélisme existerait, l'on ne saurait, ce me semble, en conclure logiquement que ces deux genres de sillons reconnaissent la même cause, lorsque leurs caractères sont si différents : autant vaudrait dire que des arbres renversés pendant un orage, par un ouragan soufflant d'amont en aval, parallèlement au cours d'un fleuve, ont dû l'être nécessairement par le fleuve débordé, puisqu'ils sont tous couchés dans le sens de son courant. Dans cet exemple, dira-t-on, les débris accumulés en amont au pied des arbres, les terres enlevées, le limon déposé sur les rives du fleuve, empêcheront de confondre les effets du vent avec ceux des eaux ; mais les différences entre les canaux creusés par les eaux et les stries ou les sillons burinés par la glace, ne sont pas moins saillantes. 1^o Les canaux sont sinueux ; les stries sont rectilignes : 2^o les canaux se divisent souvent en deux ou plusieurs branches pour se réunir ensuite ; les stries ne se divi-

(1) Pour prouver que les canaux et les cavités creusées par les eaux sont indépendants avec la direction des stries rectilignes en Finlande comme en Norvège, j'emprunte aux *Archives scientifiques de la Russie*, publiées par M. Erman (1842, second cahier), le passage suivant, dont voici la traduction littérale :

« Sur l'île de Salmen, située près d'Helsingfors, et qui se compose presque en entier de rochers granitiques *aplatis*, on a découvert une caverne située à trois mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle paraît avoir été formée par l'action simultanée de l'eau, du sable et des galets. Son ouverture a un mètre de diamètre, sa profondeur est de cinq mètres, et dans le fond elle est deux fois plus large qu'à l'entrée. Ses parois sont tout-à-fait lisses et symétriques. La caverne était pleine de sable et de galets granitiques, les uns sphériques, les autres seulement arrondis. Il est probable que c'est le même mouvement circulaire qui a creusé la grotte et arrondi les galets. Mais il est très remarquable que les stries, qu'on trouve si habituellement sur les roches de la Suède et de Finlande, existent aussi sur ce point et soient dirigées en travers de l'ouverture de la grotte, dans la direction du méridien, qui est leur orientation habituelle. Cette description est contraire à celle que Bœthling a donnée des marmites de géant situées dans le voisinage de Helsingfors. D'après lui, les stries et les cavités, dues à l'action de l'eau, se seraient formées simultanément, tandis que sur l'île de Salmen elles paraissent indépendantes les unes des autres. »

sent et ne se réunissent jamais : 3° les canaux contournent les parties les plus résistantes des roches, telles que les nodules de quartz ; les stries ne se dévient jamais de leur direction : 4° les canaux sinueux peuvent faire entre eux des angles considérables (1) ; les stries rectilignes font entre elles des angles très petits : 5° dans les canaux ce sont les parties concaves de la roche qui sont *le mieux* polies, dans les sillons c'est le contraire (comparez, pl. II, les figures 4 et 5) (2) ; 6° sur les surfaces inclinées, les canaux suivent les lignes de plus grande pente, sur les bords de la mer la direction du ressac, sur les rives d'un fleuve celle de son cours ; l'orientation et l'inclinaison des stries glaciériques sont indépendantes de toutes ces circonstances ; 7° les stries sont toujours recouvertes ou accompagnées de débris erratiques plus ou moins anguleux ou striés, les canaux sinueux se rencontrent dans des localités où il n'en existe pas la moindre trace ; exemple : le Faulhorn, Fontainebleau, les bords du Tarn, etc.

En résumé, les canaux sinueux observés par M. Durocher, et que personne n'a jamais songé à attribuer à l'action directe de la glace, sont un effet des eaux toujours local, et qui existe sur des points où il serait impossible d'admettre l'existence des grands courants diluviens. En effet, les *Lapiaz* de Salève sont à 1375 mètres au-dessus de la mer et à 1000 mètres au-dessus de la surface du lac de Genève. Si on les attribue à des courants diluviens, le courant qui les a creusés aurait eu 1000 mètres de profondeur et 20 000 mètres de large. Les *Karrenfelder* de la Gemmi, au-dessous du Daubensee, sont à 2 068 mètres (3) au-dessus de la mer, et à 1512 mètres au-dessus de la surface du lac de Thun. Les canaux sinueux les plus élevés du Faulhorn sont, d'après mes mesures barométriques, à 2 248 mètres au-dessus de la mer et à 1945 mètres au-dessus du *fond* du lac de Brienz, que j'ai eu occasion de sonder à plusieurs reprises. Le courant diluvien qui les aurait creusés aurait eu 1945 mètres de profondeur et 6 000 mètres environ de large. L'imagination est épouvantée en se représentant ces courants gigantesques, dont rien ne peut lui donner l'idée, tandis que l'action lente et continue des agents actuels rend si bien compte des phénomènes dont nous nous occupons.

(1) Voyez pl. I, fig. 8.

(2) En Scandinavie comme en Suisse. Voyez Daubrée, Note sur le phénomène erratique dans le nord de l'Europe. *Voyage en Scandinavie et au Spitzberg de la Commission du Nord. Géographie physique*, t. I, p. 229.

(3) Mesure barométrique de M. Bravais.

Quant aux gouttières de la forêt de Fontainebleau (pl. II, fig. 4), creusées par les eaux pluviales dans les parties du grès qui se désagrègent le plus facilement, la préoccupation des courants diluviens a fait tomber M. Durocher dans une singulière erreur. Après avoir fait remarquer que les gorges de la forêt de Fontainebleau sont dirigées parallèlement au cours O.-N.-O. que suit la Seine, avant de recevoir le Loing à St-Mamert, il ajoute (1) : « Il est » vraisemblable qu'à l'époque diluvienne le courant a suivi la ligue » dirigée de l'E.-S.-E. à l'O.-N.-O. (ou, plus exactement, comme il » le dit à la page précédente, l'E. 10° S. à l'O. 10° N.) et qu'il a dû » couvrir tout l'espace aujourd'hui occupé par la forêt. » Or, comme c'est à cette *masse d'eau* (p. 71, lig. 6) que M. Durocher attribue le creusement des canaux ou gouttières du ravin parallèle à la vallée de Franchard, il en résulterait que les torrents diluviens jouissent de la propriété remarquable de creuser des sillons perpendiculaires à leur cours; car les sillons sont exactement dirigés du sud au nord, et le courant qui a creusé la vallée de Franchard allait de l'E. 10° S. à l'O. 10° N. Si j'ai insisté avec quelque détail sur ces gouttières, c'est que leur voisinage de Paris permet à tous les membres de la Société de vérifier les faits dont je viens de les entretenir.

Troisième objection. « L'examen des dépôts des débris diluviens » fournit une autre preuve non moins convaincante de l'action des » eaux : ces dépôts n'affectent *pas toujours* la forme d'entassement » confus des matériaux de toute grosseur; dans certaines parties » de la Suède, et principalement, ce qui est assez remarquable, dans » des régions élevées, dans la Dalécarlie, l'Helsingland et la Jemt- » land, on remarque d'immenses plaines ou des plateaux très » unis, presque tout-à-fait horizontaux, formés de débris dilu- » viens. Tantôt ces débris offrent un mélange de sable, de gravier » et de cailloux, tantôt ils consistent en sable très pur et très fin, » sans gravier et identique au sable des rivages de la mer; mais il » présente fréquemment des blocs erratiques, soit à la surface, soit » à l'intérieur. De plus, on peut reconnaître que ces deux genres » de dépôts, l'un de détritits divers, l'autre de sable pur, forment » des zones alternatives qui se succèdent en offrant une espèce de » stratification *grossière* et très ondulée. Si l'on examine de près la » nature du sable, on voit qu'il est formé principalement de » grains de quartz, accompagnés d'un peu de feldspath et de pail-

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XIII, p. 72. (12 juillet 1844.)

» lettres micacées. La présence de ces dépôts arénacés et la nature
 » de ces sables rendent évidente l'action des eaux ; car on n'a
 » jamais vu de moraine de sable pur, et l'on ne saurait attribuer
 » aux glaciers la faculté d'opérer le triage des matériaux qu'ils
 » transportent, et d'en éliminer le feldspath et le mica, en y
 » conservant le quartz. »

Si la théorie de l'ancienne extension des glaciers de la Suède au-delà de leurs limites actuelles était complètement incompatible avec l'existence des grandes masses d'eau, soit pendant, soit après la période de froid, l'objection de M. Durocher serait d'une grande force ; mais il n'en est pas ainsi, car l'extension même de ces glaciers et leur fusion subséquente expliquent avec une merveilleuse facilité la présence de ces amas de sable, nivelés et modelés par les eaux. En effet, les barrages formés dans les vallées par les glaciers donnent naissance à des lacs. Le lac du Tacul sur la mer de glace de Chamonix, le lac Combal dans l'Allée Blanche, le *Mattmarger-See* dans la vallée de Saas, le lac Moeril près du glacier d'Aletsch (1), celui qui s'était formé au-dessus du glacier de Getroz dans la vallée de Bagnes, enfin le lac qui, entraînant le glacier de Vernagt, a causé, ce printemps même, de si grands ravages dans l'Oetzthal en Tyrol, n'existeraient pas sans les barrages formés par les glaciers ou par leurs moraines. Supposons un instant que les glaciers disparaissent, ces lacs seront à sec, et l'on verra précisément ce que décrit M. Durocher, savoir : « tantôt des *entassements confus de matériaux de toute*
 » *grosseur*, tantôt un mélange de sable, de graviers et de cailloux,
 » tantôt de sable très fin et très pur, sans gravier et identique au
 » sable des rivages de la mer ; *mais il* (le mélange) *présente fré-*
 » *quemment des blocs erratiques, soit à la surface, soit à l'intérieur ;*
 » de plus, on peut reconnaître que ces deux genres de dépôts, l'un
 » de détritiques divers, l'autre de sable pur, forment des zones alter-
 » natives qui se succèdent en offrant une espèce de stratification
 » grossière et très ondulée. »

Tout le monde, dans la première partie de cette description, a reconnu une moraine, et dans la seconde les rives sablonneuses d'un lac ou d'un courant sur lesquelles les blocs erratiques se sont déposés à différentes époques, puisque les uns sont à la surface, les autres enterrés dans le sable. Cette circonstance suffit pour montrer que le glacier et le lac ou le courant ont existé simulta-

(1) Voyez l'*Atlas des Etudes sur les glaciers*, par Louis Agassiz, pl. XII.

nément pendant une période de temps considérable. On peut voir ces phénomènes en petit sur les bords de tous les grands glaciers. Entre la moraine et la paroi correspondante de la vallée, il se forme au printemps de petits lacs qui se dessèchent en été. Je citerai, parmi les mieux caractérisés, ceux qui existent sur la rive droite du glacier inférieur de Grindelwald, au-dessus du promontoire de la Stierregg; leur fond est formé du sable le plus pur et le plus fin, sur lequel reposent et dans lequel sont enfouis les blocs erratiques de la moraine.

Mais, dira-t-on peut-être, quel rapport y a-t-il entre les grands dépôts aqueux observés par M. Durocher et les petits lacs dont vous parlez? Voici ma réponse : les glaciers actuels étant moins étendus qu'ils ne l'étaient autrefois, tout doit diminuer dans le même rapport; et si l'on veut bien m'accorder un instant que les glaciers du revers méridional des Alpes n'ont pas toujours été relégués au haut des vallées où ils sont confinés aujourd'hui, il me sera facile de lever cette difficulté. Je prendrai pour exemple le glacier qui, du pied du mont Rose, descendait jadis dans la vallée occupée par le lac Majeur. Le voyageur qui part du glacier de Macagnaga et descend tout le long du val Anzasca, marche pour ainsi dire entre deux moraines plus ou moins visibles, suivant la largeur de la vallée et la nature de ses contre-forts. Tantôt elles ont été nivelées en forme de terrasses, signalées déjà par M. Elie de Beaumont (1), comme au-dessous du village de Borea. A Cico-Morello, Vanzone et en aval de Ponte Grande, elles se montrent sous la forme de longues traînées de blocs anguleux, entassés les uns sur les autres, sur les pentes latérales de la vallée. L'église de Calasca est perchée au sommet d'une moraine de cent mètres de haut et entièrement formé de matériaux de toute grosseur, de gravier, de cailloux et de blocs anguleux confusément entassés. L'escarpement le long duquel on descend de la vallée de Macagnaga dans celle d'Anzasca est surmonté de roches montonnées et striées; souvent les parois verticales qui forment les côtés de la vallée sont également polies. C'est en face du village de San-Carlo que le phénomène se montre avec le plus d'évidence. Quand on sort du val Anzasca, pour déboucher dans la vallée de Domio-d'Ossola, on retrouve toujours les traces du glacier de Macagnaga. C'est lui qui a moutonné les rochers qui dominent le village d'Ornovasco et arrondi la montagne qui domine celui de Sunna. Je n'ai point examiné les traces qu'il a pu laisser sur les bords du lac Majeur, mais j'ai

(1) *Recherches sur les révolutions de la surface du globe*, p. 215.

retrouvé ses moraines terminales à l'extrémité méridionale de ce lac près de Sesto-Calende. C'est à cette ceinture de moraines concentriques que le lac Majeur doit son existence. Il en est de même du lac de Garde, dont l'extrémité méridionale est entourée de moraines très bien caractérisées près de Desenzano et de Peschiera. M. Leblanc les avait déjà signalées à l'attention des géologues (1). Celles du lac Majeur se présentent sous la forme de deux digues demi-circulaires et concentriques, séparées entre elles par un espace parfaitement uni d'un kilomètre de large. Après avoir franchi le second rang, on arrive au village de Somma et de là à Milan, sans que le moindre accident de terrain vienne interrompre l'uniformité de la plaine. Ces digues ont la forme d'un prisme triangulaire; çà et là elles sont surmontées de monticules coniques d'une grande régularité. Leur hauteur est de 30 à 50 mètres environ. Elles reposent sur le diluvium milanais et se composent en majeure partie de cailloux arrondis et de gravier, au milieu desquels on voit poindre des blocs de roches du mont Rose anguleux et d'un volume considérable. Un grand nombre ont été exploités pour faire les bornes qui bordent la grande route. Tous ces faits me portent à croire que jadis le glacier principal du mont Rose avait poussé ses moraines terminales jusqu'à l'extrémité du lac Majeur, de même que celui de Chamonix, s'étendait jusqu'au mont de Sion, près de Genève, et celui du Rhône (2) jusqu'au Jura.

Supposons maintenant un instant que le lac Majeur soit à sec; ne verra-t-on point de grands dépôts sablonneux, des couches de gravier horizontales sur lequel le glacier aura déposé ses blocs erratiques? Avec cette donnée, tous les phénomènes, celui des roches moutonnées, polies et striées, celui des dépôts stratifiés et non stratifiés, des blocs erratiques anguleux et des cailloux striés, ou plus ou moins arrondis, ne seront-ils pas expliqués d'une manière satisfaisante par l'action de causes dont les effets nous sont connus, puisqu'elles agissent journellement sous nos yeux? Cette explication peut, je crois, s'appliquer aux dépôts diluviens et horizontaux qui

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. XIV, p. 606. 1843.

(2) Dans son *Mémoire Sur le terrain erratique alluvien du bassin du Léman* et sur la carte qui l'accompagne, M. R. Blanchet a parfaitement distingué des dépôts alluvien formés sur le bord de l'ancien glacier du Rhône, près d'Aubonne et d'Evian, des véritables moraines telles que celle du mont de Sion, d'Allinges et du petit lac de Bret.

recouvrent les plateaux du Jemtland et de la Dalécarlie. En effet d'après la description même de l'auteur (voy. p. 84), ces plateaux n'ont aucune analogie avec les plateaux unis, tels que celui de la Bavière ou de la Brie. Ils sont hérissés de collines qui s'élèvent à 200 et même 300 mètres au-dessus des plaines environnantes, et sont souvent liées entre elles sous forme de chaînons. Le détritius diluvien, irrégulièrement stratifié et entremêlé de bloc anguleux, remplit les intervalles; mais bien souvent aussi il recouvre les pentes des montagnes et s'élève quelquefois jusqu'à leurs sommités. Cette absence d'horizontalité est une nouvelle preuve que l'eau seule n'a pu déposer ces débris, mais qu'un agent qui n'est autre que la glace les a soulevés jusque sur les crêtes des montagnes, à une hauteur qui n'est pas moindre de 150 à 300 mètres.

Je terminerai ce mémoire en abordant une objection que j'ai souvent entendu reproduire par des géologues éminents : c'est celle qui est tirée de la forme des *osars* ou monticules de sable elliptiques que l'on rencontre dans les plaines de la Suède, autour de Stockholm, d'Upsal, d'Enköping, etc., etc. Les contours arrondis de ces osars, les cailloux roulés, le sable et les graviers souvent stratifiés dont ils se composent, tout porte l'empreinte visible de l'action des eaux, qui semblent avoir caressé leurs contours. M. Alex. Brongniart (1) a le premier attiré l'attention des savants sur ce sujet, et tous ont confirmé ses observations. Je ferai remarquer d'abord que ces osars sont souvent couverts de blocs erratiques anguleux, placés quelquefois dans des positions d'équilibre instable, incompatibles avec l'idée d'un charriage par les eaux (2). Ainsi donc, si l'on admet que l'osar est l'ouvrage des eaux seulement, on conviendra que les blocs anguleux y ont été déposés par des glaciers ou par des glaces flottantes. Mais il n'est pas très difficile de faire voir que l'osar lui-même n'est qu'une portion de moraine remaniée en place par les eaux, ou du moins que les matériaux dont il se compose ont été arrachés par les courants aux moraines situées en amont, et charriés par l'eau et par la glace à une distance plus ou moins grande. Pour le démontrer, je suis encore obligé de transporter le lecteur dans les Alpes, non loin des glaciers actuels, où tous ces phénomènes se montrent

(1) Notice sur les blocs de roche des terrains de transport de la Suède; *Ann. des sciences naturelles*, t. XIV. — 1828.

(2) Voyez les dessins de M. Daubrée; *Voyages en Scandinavie. Géographie physique*, t. I, p. 231 et 232.

de la manière la plus évidente, parce qu'ils sont souvent échelonnés dans une même vallée, sur une longueur de quelques myriamètres seulement.

Et d'abord il existe des moraines qui d'un côté présentent l'empreinte de l'action des eaux, tandis que l'autre a conservé sa forme habituelle. En voici deux exemples, j'en pourrais citer un plus grand nombre. Au haut de la vallée de Montjoie, qui s'ouvre dans celle de l'Arve par la gorge des bains de Saint-Gervais, se trouve le glacier de Trè-la-Tête. Une ancienne moraine part des côtés du glacier et traverse la vallée au niveau du hameau de Nant-Bourant. Cette moraine ne saurait être niée, elle est l'analogue de celle de Lavanchi, près du glacier des Bois, dont de Saussure avait déjà reconnu la nature (1). En aval, la moraine du glacier de Trè-la-Tête se présente sous la forme d'une arête aiguë dont les pentes sont assez rapides, et qui est couverte de blocs erratiques gigantesques. Mais si on la considère en amont, du chemin qui mène au col du Bonhomme, on la voit prendre la forme d'une terrasse parfaitement horizontale, élevée de 15 mètres environ au-dessus des eaux qui l'ont modelée. On ne saurait conserver le moindre doute sur la structure de cette terrasse, quand on voit qu'elle se continue avec la moraine, et surtout quand on compte les nombreux blocs anguleux qui dépassent le niveau de sa plateforme. La moraine de Lavanchi, entre Chamonix et Argentière, offre la même particularité. Vue de Chamonix, elle se montre sous la forme d'une arête aiguë dont la pente est très roide, et qui se continue avec la moraine latérale droite actuelle du glacier des Bois; mais quand on la considère en amont, du village d'Argentière, par exemple, elle se présente sous la forme d'une terrasse horizontale se terminant par un talus hérissé de blocs erratiques qui descend vers l'Arve. C'est sur le terre-plein de la terrasse qu'est placé le village de Lavanchi (2), et tout prouve que jadis un lac, dû au barrage de la vallée, couvrait l'intervalle compris entre le village d'Argentière et l'ancienne moraine de Lavanchi (2).

Dans les moraines remaniées par les eaux, on ne peut pas toujours distinguer la partie supérieure qui a subi leur action, de la partie inférieure qui est restée dans l'état chaotique d'une moraine. Souvent, en effet, l'action des eaux a été superficielle, et s'est

(1) *Voyages dans les Alpes*, § 623.

(2) Voyez sur ce sujet Yates, *Remarks on the formation of alluvial deposits*. *Edinb. new philosophical Journal*, p. 26; et Forbes. *Travels through the Alps*, p. 64.

bornée à niveler la surface supérieure sans y déposer de couches nouvelles bien caractéristiques ; mais il n'en est pas toujours ainsi. Le vieux château du Tyrol , qui a donné son nom à toute la contrée, est bâti sur une éminence qui domine la ville de Méran dans le Tyrol méridional. Cette ville est située au débouché de la vallée de Passeyr dans celle de l'Adige. L'éminence qui supporte le château du Tyrol a environ cent mètres de haut. Les deux tiers inférieurs se composent d'un entassement de blocs anguleux , de gravier et de cailloux. Les gros blocs font souvent saillie, et il est facile de reconnaître de loin leurs angles aigus et leurs arêtes tranchantes. Mais le tiers supérieur de l'escarpement est uniquement formé de cailloux roulés , arrondis, et qui ne présentent pas ces différences de grosseur qui sont si remarquables dans les deux tiers inférieurs. Une circonstance bien frappante permet de distinguer au premier coup d'œil la ligne de séparation de ces deux genres d'entassements. En traversant un ravin pour arriver au château, on voit une foule de colonnes dont chacune porte à son sommet un gros bloc erratique anguleux qui a protégé les parties sous-jacentes contre l'action des pluies ; mais aucune de ces colonnes ne dépasse la partie inférieure du lit de cailloux roulés ; *toutes* s'arrêtent au niveau du plan de séparation, parce que le lit supérieur ne renferme pas de blocs d'une grosseur suffisante pour protéger les parties sous-jacentes et supporter les colonnes dont nous avons parlé.

En ayant égard aux moraines qui règnent tout le long de la vallée de Passeyr , aux roches de talcschiste moutonnées et striées qui se trouvent à une petite distance de Méran et dans le haut de la vallée de Moos, je ne puis m'empêcher de considérer l'éminence qui porte le château du Tyrol comme l'ancienne moraine terminale du glacier qui remplissait la vallée de Passeyr ; car cette éminence n'est que l'extrémité d'une longue colline entièrement composée de blocs et de gravier , barrant la vallée comme une digue transversale et ne laissant de passage qu'au torrent de Passeyr, qui va se jeter dans l'Adige. Mais sur cette moraine je reconnais l'action des eaux , et je crois que ce lit de cailloux a été déposé sur elle par les courants auxquels la fonte du glacier qui remplissait la vallée du Passeyr a nécessairement donné lieu.

Partout , en Suisse, dans le Tyrol et dans les Vosges, on remarque ces moraines remaniées par des eaux , dont l'origine est facile à concevoir. Tantôt , en effet, ce sont des lacs qui se sont formés par suite du barrage des glaciers ; tantôt, en fondant, les grands glaciers ont donné lieu à des courants qui ont modifié les formes

des moraines et imprimé leur cachet à des accumulations faites originairement par la glace.

Les moraines latérales remaniées par les eaux ont souvent l'aspect de terrasses régulières : les talus sont interrompus par des banquettes horizontales comme celles des ouvrages de fortifications : telles sont celles des environs d'Andeer, dans le canton des Grisons (1). Quelquefois une moraine se présente alternativement sous sa forme habituelle et sous celle de terrasse; c'est ce que j'ai très bien observé en remontant la vallée de Passeyr, près du village de Saint-Léonhard; c'est ce que M. Ed. Collomb m'a fait voir en petit près de Wessering sur la rive droite du torrent de la vallée de St-Amarin. Mais il est des caractères qui permettent toujours de distinguer ces moraines remaniées des dépôts purement diluviens. Ce sont : 1° le manque de stratification, au moins dans une partie de la hauteur; 2° la confusion de matériaux de toute grosseur et de toute densité; 3° la présence de gros blocs à angles aigus et à arêtes tranchantes au-dessus et dans l'épaisseur du dépôt; 4° l'existence de cailloux frottés et striés, qui ne peuvent pas l'avoir été en roulant dans le torrent; car d'après les expériences et les observations de M. Collomb (2), loin de strier les cailloux qu'ils charrient, les torrents effacent les stries de ceux qui en ont.

Jadis les moraines terminales des glaciers barraient les grandes vallées de la Suisse. La fonte de ces glaciers a donné naissance à des courants qui les ont démantelées, et les lambeaux qui n'ont pas été entraînés se présentent souvent sous la forme d'*osars*, c'est-à-dire de monticules coniques à base elliptique, dont le grand axe est dirigé dans le sens du cours des eaux. Ils se composent de sable, de gravier, de cailloux arrondis, et portent souvent des blocs anguleux sur leur sommet ou dans leurs flancs. J'ai décrit un grand nombre de ces osars dans le mémoire cité plus haut. Souvent je me suis demandé, en les étudiant, si j'avais sous les yeux une moraine remaniée ou une accumulation de débris arrachés par le courant aux moraines situées plus haut et déposées en aval d'un noyau résistant qui ferait saillie dans la vallée. Tantôt l'une, tantôt l'autre de ces opinions m'a paru la plus probable. Quand les blocs anguleux étaient nombreux, comme dans l'osar situé près de Nettstal, à l'issue de la vallée de la Linth dans

(1) Voyez mon Mémoire sur les formes régulières du terrain de transport des vallées du Rhin antérieur et du Rhin postérieur; *Bulletin de la Société géologique*, t. XIII, p. 322. — 1842.

(2) *Bulletin de la Société géologique*, 2^e série, t. II, p. 509.

celle de la Limmat, comme dans ceux près de Tourtemagne en Valais, je les ai considérés comme des restes de moraine. Dans les osars de Ræzuns (1), près de Reichenau, canton des Grisons, formés de sable fin, bordés de terrasses, présentant peu de blocs erratiques, je reconnais l'action prédominante des eaux. Dans ceux d'Ems enfin, au-dessous du confluent des deux Rhins, formés de fragments de flisch et de calcaires gris irrégulièrement stratifiés (2), les deux causes me paraissent avoir eu une part à peu près égale dans la formation de l'osar. Il en est de même de celui qui se trouve au-dessous de Briançon, au débouché de la vallée de la Guizane, dans celle de la Durance. L'ancienne moraine, si bien caractérisée, qui barre la vallée près du village du Casset, à 14 kilomètres en amont, montre suffisamment la part que le glacier qui descendait dans la vallée du Monetier a eue dans la formation de cet osar (3). En résumé, je crois qu'on peut trouver toutes les transitions imaginables entre une moraine telle que le glacier la dépose et un banc de sable formé par deux courants qui se coupent angulairement. Là, comme toujours, la nature n'a pas procédé d'une manière exclusive, mais les différents agents dont elle dispose ont été simultanément ou successivement en action. Ainsi, à une théorie générale embrassant tous les osars de la Suède, je préférerais la monographie d'un osar, ou d'un groupe d'osars, et je crois que cette méthode, plus timide et moins brillante, conduirait plus sûrement à la vérité que des généralisations qui me semblent prématurées.

Résumé général.

1° Les stries rectilignes observées en Norvège sur des parois verticales ou surplombantes ont été burinées par des glaciers. Ceux qui existent de nos jours polissent et strient continuellement leurs parois et leur fond.

2° Les canaux sinucux, quelquefois ramifiés, observés par M. Durocher sur le rivage des îles du golfe de Christiania, sont dus au ressac de la mer. Ce sont les *Karren* de la Suisse, les *Lapiaz*

(1) Voyez le Mémoire déjà cité, *Bulletin de la Société géologique*, t. XIII, p. 334, et pl. IV, fig. 4.

(2) Moritzi, Notice sur les collines de Coire. *Biblioth. universelle de Genève*, t. XXXIX, p. 483. — 1842.

(3) Voyez A. Bravais, Physique du sol de la France, dans *Patria, ou la France ancienne et moderne*, p. 453.

de la Savoie, qui sont creusés par des torrents, des sources, les eaux pluviales ou la neige fondante.

3° Le parallélisme entre les canaux sinueux des îles et les stries rectilignes du continent n'existe pas. L'angle moyen est de 54° .

4° Les dépôts de sable stratifiés avec blocs anguleux, du Jemtland et de la Dalécarlie, sont des fonds de lacs ou de courants barrés par des glaciers et présentant çà et là des moraines intactes ou remaniées par les eaux.

5° Les *osars* sont dus à l'action mixte d'un glacier et des courants auxquels sa fusion a donné naissance.

Explication de la planche II.

Fig. 1. Gouttières creusées par les eaux pluviales dans le grès de la forêt de Fontainebleau, sur le versant nord d'un large ravin parallèle à la gorge de Franchard, au sud de laquelle il est situé. Un quatorzième de la grandeur réelle. Cette figure est renversée. La gauche correspond à la droite dans la nature.

Fig. 2. Coupe en travers par un plan vertical d'un canal sinueux (*Karren*) creusé par l'Arve dans un stéaschiste serpentineux, très dur, en face le village des Ouches, à l'entrée de la vallée de Chamonix. Un quart de la grandeur naturelle.

Fig. 3. Fragment de stéaschiste argileux, cannelé et strié par le glacier qui débouchait autrefois par la vallée de Chamonix. Les cannelures et les stries sont horizontales et parallèles à l'axe de la vallée. Le fragment a été pris au sommet du premier monticule à formes arrondies en amont, escarpées en aval; en face le village des Ouches, sur la rive droite de l'Arve. Grand comme nature.

Fig. 4. Calcaire lia-jurassique des parois verticales de la Stierregg, promontoire qui rétrécit le lit du glacier inférieur de Grindelwald. Cette portion de l'escarpement était, en octobre 1844, au contact de la glace; les stries sont inclinées d'amont en aval de 45° à l'horizon. Les plus blanches sont les plus récentes. La surface de la roche est légèrement convexe, polie et striée en entier. Quatre cinquièmes de la grandeur naturelle.

Fig. 5. Autre fragment du même escarpement. On remarque une dépression sur la roche, qui n'est point striée comme les parties en relief. Deux tiers de la grandeur naturelle.

Fig. 6. Diorite à grains fins de Kaafiord, polie et finement striée, provenant d'une roche moutonnée des environs de Kaafiord, en Finmark; lat. $69^{\circ} 57' N.$, $20^{\circ} 40' E.$ Grandeur naturelle.

M. de Wegmann partage entièrement l'opinion de M. Martins, qui voit dans ces cavités sinueuses vulgairement nommées *Karren*, en Suisse et en Allemagne, un effet des eaux naturelles et non pas des eaux diluviennes. Aux faits aussi nombreux que concluants sur lesquels s'appuie cette opinion, M. de Wegmann en ajoutera un nouveau qu'il trouve consigné dans une lettre de M. Boué, qu'il a reçue ce jour même, et dont il lit le passage suivant.

« J'ai découvert cet été, dans ma campagne de Vöslau, près Vienne (Autriche), en creusant à la poudre un puits dans un pou-dingue tertiaire, à 10 toises de profondeur, des cavités tubulaires de plusieurs toises de longueur, assez larges et ne remontant point à la surface. Elles étaient encreûtées d'un enduit argileux jaune-brunâtre, et portaient tous les indices d'avoir servi de canaux à la filtration des eaux, qui aurait pu changer petit à petit des fentes en conduits de cette nature. Ces canaux ont des contours arrondis et sinueux, et sont identiques de forme et de caractères avec ceux qui, se terminant à la surface des roches, ont été cités par des partisans outrés du système glaciaire comme ayant été formés par des eaux ou chutes d'eau de glacier. Près de ces conduits, l'agglomérat a offert de plus un assez grand amas allongé d'argile smectique avec des nids d'un minéral de fer très poreux et léger, comme on en voit se former dans certaines eaux minérales. Une petite grotte aurait-elle été comblée ainsi peu à peu par la filtration des eaux? C'est ce qui paraît très probable. D'un autre côté, ce minéral était si léger, que s'il avait contenu quelques cristaux volcaniques, on aurait pu en faire une scorie des volcans qui ont fait leur éjection dans la partie S.-E. du bassin de Vienne vers la fin de l'époque tertiaire. »

M. Martins ayant prouvé qu'un abaissement de 3° c. dans la température moyenne de Genève suffirait pour que les glaciers de Chamonix atteignissent cette ville, M. Rozet lui répond qu'il n'est pas nécessaire de supposer des abaissements de température, pour expliquer l'existence d'anciens glaciers sur des points dont l'altitude ne permet plus d'en trouver aujourd'hui.

Il n'est pas nécessaire de supposer que la température moyenne du globe a été jadis plus basse qu'elle n'est aujourd'hui pour expliquer l'existence d'anciens glaciers sur les

points où l'on croit trouver maintenant leurs traces. Cette supposition est contraire à l'ensemble des faits paléontologiques et à tout ce que l'on sait des variations de la température propre de la terre. Les nombreux mouvements de la croûte du globe, dont la géologie a rassemblé tant de preuves, suffisent à eux seuls pour rendre compte du phénomène.

Tous les glaciers connus, les véritables glaciers, ceux qui marchent en marquant leurs traces sur les rochers, en transportant des moraines, etc., ont leur origine près de la limite des neiges perpétuelles, et ne descendent pas au-dessous de 1800 mètres d'altitude, dans les Alpes et dans les Pyrénées. Les points les plus élevés de beaucoup de contrées, les Vosges, le Morvan, etc., dans lesquels on cite des traces d'anciens glaciers, sont actuellement à 1000 et 1400 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les pentes sur lesquelles se montrent ces traces ont souvent moins de 2° d'inclinaison, tandis que dans les Alpes aucun glacier ne se meut, sur une étendue de 6 kilomètres, sous une inclinaison moindre de 3°. Ainsi donc, d'après l'état actuel des choses, s'il a jamais existé des glaciers dans ces contrées, il faut que leur altitude et leurs pentes aient considérablement diminué depuis.

Les travaux de M. Elie de Beaumont ont prouvé que des chaînes de montagnes avaient dû s'élever subitement à plusieurs milliers de mètres au-dessus de la mer, et porter ainsi au-dessus de la limite des neiges éternelles des points qui étaient très bas auparavant. Alors les glaciers qui n'avaient pas pu jusque là s'établir dans ces lieux ont bientôt rempli le fond des grandes vallées des nouvelles chaînes. Nous avons démontré, dans notre mémoire sur les inégalités de la croûte du globe (*Mémoires de la Soc. géol.*, 2^e série, t. I), que tous les soulèvements de certaines parties de cette croûte avaient été accompagnés d'abaissements d'autres parties. Dans les régions boréales, les deux mouvements s'opèrent encore lentement et simultanément sous les yeux des hommes. Il suffirait que les Alpes s'abaissassent actuellement de 400 mètres pour déterminer la fonte de tous les glaciers de cette chaîne. Un soulèvement récent, dont tous les peuples paraissent avoir conservé le souvenir des effets désastreux, celui de la chaîne des Alpes,

auquel paraissent se rattacher les grandes fentes N.-S. sur lesquelles sont établis les volcans d'Italie et ceux de l'Auvergne, a dû notablement modifier le relief antérieur de la surface terrestre, et abaisser les régions glaciales sur lesquelles on ne trouve plus maintenant que les traces des glaciers qui les couvraient avant cet événement. Ces régions ont aussi pu s'abaisser par des mouvements lents, comme ceux qui se manifestent encore maintenant sur plusieurs points du globe.

Si l'on a réellement reconnu des traces d'anciens glaciers dans des lieux où l'altitude et les autres circonstances géographiques s'opposent à ce qu'il en ait jamais existé, dans l'état actuel des choses, on a tout simplement découvert là de nouvelles preuves des puissantes oscillations de la croûte solide de notre planète.

M. Rozet répond à M. Leblanc, qui lui objecte que M. de Charpentier a déjà réfuté la théorie qu'il propose, que M. de Charpentier n'a parlé que de l'abaissement des Alpes, par suite d'un tassement intérieur, et nullement des mouvements généraux de la croûte du globe.

M. Leblanc lui fait observer que cette opinion a été abandonnée par ses auteurs, discutée et réfutée par M. de Buch et par M. de Charpentier dans son ouvrage sur le glacier du Rhône, auquel il le renvoie, et rejetée aussi par M. Elie de Beaumont. Il fait observer en outre qu'on n'a pas parlé de l'abaissement de la température du globe, mais bien de l'atmosphère, ce qui est fort différent, et répond à la première partie de l'argumentation de M. Rozet ; enfin il fait observer que cette limite de 3° de pente nécessaire pour le glissement des glaciers, d'après les géologues qui pensent qu'ils marchent en glissant, ce qu'il conteste, soulève une autre difficulté, celle d'expliquer comment des glaciers sur une pente au $\frac{1}{3}$, par exemple, ne marchent pas plus vite que ceux dont la pente est si faible.

M. Nérée Boubée dit que les traces des glaciers anciens lui paraissent aussi bien établies dans les Pyrénées que les fossiles qu'il y a constatés avec la dernière évidence.

M. Defrance lit la communication suivante :

Notice sur une coquille d'Orthocératite.

Dans un séjour que je viens de faire au château d'Aux, près de Nantes, j'ai découvert, sur une table de marbre qui s'y trouvait, la coquille d'un Orthocératite qui est bien remarquable par sa conservation et ses grandes dimensions. Quoiqu'elle ait été coupée du côté du sommet, elle porte encore un peu plus de 1 mètre de longueur sur une largeur de 24 millimètres à son milieu. Dans cette portion de coquille conservée, il se trouve 74 cloisons simples, concaves, et dont la dernière a 34 centimètres de longueur; les autres sont traversées par un siphon marginal assez gros.

Sur la même table, il se trouve une portion du sommet d'une autre coquille d'Orthocératite qui démontre qu'elle se terminait en pointe, en sorte qu'en calculant le décroissement que présente la partie de la coquille conservée, on peut supposer qu'en totalité elle pouvait avoir quatre pieds de longueur, ainsi que M. de Buch annonce, dans son voyage au pôle nord, en avoir vu à Komberg.

Le test de cette coquille étant très mince, et elle-même étant si longue, elle a dû nécessairement être contenue dans l'animal auquel elle a appartenu; car on ne peut concevoir qu'avec sa fragilité et une aussi grande longueur, elle eût pu se conserver entière. Autour d'elle, dans le sens de sa longueur, on voit des traces qu'on pourrait croire être celles de son enveloppe.

Cette coquille ne s'étant pas trouvée coupée au milieu de son diamètre, elle doit avoir un peu plus de 24 millimètres de largeur, et en calculant, comme on l'a fait pour son décroissement, la dernière loge conservée doit avoir 25 millimètres à son ouverture.

Ces coquilles paraissent avoir de très grands rapports avec les Baculites, avec cette différence que les cloisons de ces dernières sont persillées et à queue d'aronde, au lieu que celles des Orthocératites sont simples.

J'ignore où a été trouvé le marbre dans lequel cette coquille est renfermée.

Dans l'ouvrage de Knorr sur les fossiles, on voit représentée, pl. 170, fig. 1^{re}, une portion d'Orthocératite qui a beaucoup de rapports avec la coquille dont il est ici question, et qui porte aussi des traces de ce que l'on pourrait appeler son fourreau.

MM. de Verneuil et Murchison, qui ont vu cette coquille, ont estimé, d'après la forme de ce qui s'en trouve conservé, qu'elle pouvait avoir deux mètres de longueur. Ce dernier pense qu'on devrait nommer cette espèce *Orthoceratites æquicrassus*.

M. Viols, auquel appartenait cette coquille, en a fait don au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

M. Michelin montre l'ouvrage de Knorr, et il dit qu'on peut supposer que l'individu présenté par M. DeFrance vient, comme celui figuré dans Knorr, d'Oeland (Suède).

M. Viquesnel présente le résultat de ses recherches sur *le mécanisme de la comptabilité de la Société géologique de France*, et s'exprime en ces termes :

Dans la séance du 2 décembre 1844 j'ai pris l'engagement de décrire le mécanisme de notre comptabilité, d'exposer les détails dont elle se compose et d'indiquer les procédés établis pour en surveiller les diverses parties.

Je dépose sur le bureau la minute de ce travail qui forme le complément indispensable de la statistique administrative de la Société. (Voir *Bull.* tome 1^{er} de la 2 série, pag. 410.)

Je n'entrerai dans aucun détail sur le sujet que j'ai traité; je me contente de donner ici son ordre de division. Il se compose de trois parties, savoir :

1^o Comptabilité des finances placée sous la surveillance du trésorier ;

2^o Comptabilité des valeurs mobilières placées sous la surveillance de l'archiviste ;

3^o Comptabilité des publications et de certains détails placés sous la surveillance du secrétaire.

M. d'Archiac a bien voulu me fournir les notes dont j'avais besoin pour faire connaître la nature des fonctions de secrétaire, fonctions qu'il a remplies, pendant plusieurs années, avec un zèle aussi éclairé que persévérant. Grâce aux renseignements que je lui dois, ces nouvelles recherches administratives seront peut-être un jour de quelque utilité. Si, par une circonstance fâcheuse, l'entrée en fonctions du secrétaire, du trésorier et de l'archiviste venait à coïncider avec la nomination d'un nouvel agent, et si ces quatre fonctionnaires étaient privés du concours de leurs prédécesseurs, ils trouveraient dans ce recueil les renseignements nécessaires pour se mettre de suite au courant de leurs devoirs respectifs.

Je ne terminerai pas sans rendre un juste tribut d'éloges à la sagacité de mes prédécesseurs qui ont su combiner un mécanisme d'une simplicité et d'une clarté parfaite.

M. le Président annonce que la description de la comptabilité de la Société par M. Viquesnel sera mise au net, et que la copie sera déposée aux archives.

Le secrétaire annonce la prochaine mise en vente, chez Fortin, Masson et C^e, successeurs de Crochard, place de l'École-de-Médecine, 1, à Paris, de l'*Annuaire des Sociétés scientifiques et littéraires de France*, publié sous les auspices du département de l'instruction publique, année 1846, 1 fort volume grand in-8°. Prix, broché, 12 fr.

Séance du 5 janvier 1846.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE DE BEAUMONT.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. le colonel Mathieu DE WOLKOFF, chambellan de S. M. l'empereur de Russie, rue Basse-du-Rempart, 48, à Paris, présenté par MM. Élie de Beaumont et Hommaire de Hell.

M. FLORESI, ingénieur des mines, au Mexique, demeurant à Londres, 2, Duke-Street, Adelphi, est admis, sur sa demande, à faire de nouveau partie de la Société.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. A. Quetelet, *Sur le climat de la Belgique*, 1^{re} partie, *Rayonnement solaire et température de l'air et du sol*; in-4°, 208 p., 4 pl. Bruxelles, 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1845, 2^e semestre, t. XXI, nos 24 à 26.

Mémoires de la Société d'agriculture, des sciences, arts et

belles-lettres du département de l'Aube; nos 91 et 92, 3^e et 4^e trimestres 1844; n^o 93, 1^{er} trimestre 1845.

L'Institut, 1845, nos 624 à 626.

L'Écho du monde savant, 1845, 2^e semestre, nos 48 à 52; 1846, 1^{er} semestre, n^o 1.

Nouveaux mémoires de l'Académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles; t. XVII et XVIII, Bruxelles, 1844 et 1845.

Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles; t. XVII, 1843 et 1844; t. XVIII, 1844 et 1845.

Bulletin des séances de l'Académie royale de Bruxelles; 1844, t. XI, nos 9 à 12; 1845, nos 1 à 6.

Annuaire de l'Académie royale de Bruxelles; XI^e année, 1845.

Recueil des actes de la séance publique de l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg, tenue le 29 décembre 1844; in-4^o, 105 p., Saint-Petersbourg, 1845.

Mémoires de l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg; 6^e série, *Sciences naturelles*, t. IV, 6^e livraison; in-4^o, 194 p., 10 pl. Saint-Petersbourg, 1845.

Mémoires présentés à l'Académie impériale des sciences de Saint-Petersbourg par divers savants; t. IV, 6^e livraison, in-4^o, 603 p., 6 pl. Saint-Petersbourg, 1845.

The Athenæum, 1845, nos 947 et 948.

The Mining Journal, 1845, nos 539 et 540.

M. Bonafous adresse au nom de l'auteur la *Carta dell' Isola et Regno di Sardegna*, etc. (Carte de la Sardaigne, par M. le major-général comte A.-F. de la Marmora, avec la collaboration de M. le chevalier Charles de Candia, gravée par Desbuissons, à Paris, rue des Bernardins, 24); 2 feuilles grand-aigle. Paris et Turin, 1845.

Les nominations des diverses commissions pour l'année 1846, faites par le Conseil dans sa séance du 22 décembre 1845, sont adoptées successivement par la Société.

Ces commissions sont composées de la manière suivante :

Commission de comptabilité, chargée de vérifier la gestion du trésorier : MM. DELAFOSSE, CLÉMENT-MULLET et WALFERDIN.

Commission des archives, chargée de vérifier la gestion de l'archiviste : MM. DESNOYERS, MARTINS et DE ROYS.

Commission du Bulletin : MM. D'ARCHIAC, DE VERNEUIL et DE WEGMANN.

Commission des Mémoires : MM. LE BLANC, ANGELOT et VIQUESNEL.

On procède ensuite à l'élection du président pour l'année 1846.

Avant le dépouillement du scrutin, la Société décide qu'il y a lieu d'examiner la question relative aux votes signés. Elle décide ensuite que si un membre envoie son bulletin signé, le Président déchirera la signature et mettra le vote dans l'urne. Néanmoins on recommandera dans les lettres d'envoi l'observation du règlement au sujet des votes.

M. DE VERNEUIL, ayant obtenu 68 suffrages sur 91, est élu président pour l'année 1846.

La Société nomme ensuite successivement :

Vice-Présidents, MM. DUFRÉNOY, DEFRANCE, VIQUESNEL et ROZET.

Trésorier, M. LAJOYE.

Membres du Conseil, MM. ÉLIE DE BEAUMONT et GRAVES.

Il résulte de ces nominations que le Bureau et le Conseil se trouvent composés de la manière suivante pour l'année 1846.

Président.

M. DE VERNEUIL.

—

Vice-Présidents.

M. DUFRÉNOY,
M. DEFRANCE,

| M. VIQUESNEL,
| M. ROZET.

—

Secrétaires.

M. RAULIN,
M. DE WEGMANN.

Vice-Secrétaires.

M. LE BLANC,
M. MARTINS.

Trésorier.

M. LAJOYE.

Archiviste.

M. CLÉMENT-MULLET.

Membres du Conseil.

M. WALFERDIN,
M. le M^s DE ROYS,
M. BONTEMPS,
M. ANGELOT,
M. le V^{te} D'ARCHIAC DE SAINT-SIMON,
M. D'ORBIGNY (Alcide),

M. DESHAYES,
M. DE PINTEVILLE,
M. DELAFOSSE,
M. VIRLET D'Aoust,
M. ÉLIE DE BEAUMONT,
M. GRAVES.

Avant de quitter le fauteuil, M. le Président sortant, M. Élie de Beaumont, remercie la Société pour l'honneur qu'elle lui a fait et pour la bienveillance qu'elle a bien voulu lui porter pendant les discussions.

M. de Verneuil adresse à son tour ses remerciements à la Société pour l'avoir appelé à l'honneur de la présider pendant l'année 1846.

Il réclame de la Société un vote de remerciements à l'illustre Président qui a dirigé ses discussions pendant l'année 1845.

La Société répond à cette invitation par acclamation.

Séance du 12 janvier 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. BAUGNIET, membre de diverses Sociétés savantes belges,

à Paris, rue Montmartre, 134, présenté par MM. Ch. d'Orbigny et Eugène Robert.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants*; décembre 1845.

De la part de M. le Dr Eichwald, 1^o *Einige berichtigungen*, etc. (Notice sur les mollusques du bassin tertiaire Volhynopodolien, déterminés par M. Pusch, maître de la monnaie), (extr. du *Bull. scientif. publié par l'Académie imp. des sciences de Saint-Petersbourg*, t. VI, nos 1, 2); in-8^o, 34 p. Saint-Petersbourg, 1839.

2^o *Ueber den Reisenhirsch* (Sur le cerf gigantesque) (extr. du *Bull. de la Soc. imp. des natural. de Moscou*, t. XVIII, 1845); in-8^o, 30 p. Moscou, 1845.

De la part de M. le Dr St. Kutorga, 1^o *Zweiter Beitrag*, etc. (2^e Notice sur la géognosie et la paléontologie de Dorpat et de ses environs); publié par la Société de minéralogie; in-8^o, 51 p., 10 pl. Saint-Petersbourg, 1837.

2^o *Beitrag zur Kenntniss*, etc. (Notice sur les restes organiques contenus dans les grès cuivreux du versant occidental de l'Oural); publié par la Société de minéralogie; in-8^o, 38 p., 7 pl. Saint-Petersbourg, 1838.

3^o *Zweiter Beitrag*, etc. (2^e Notice sur la paléontologie de la Russie) (extr. des *Actes de la Société de minéralogie de Saint-Petersbourg pour les années 1842-1844*, imprimé séparément); in-8^o, 55 p., 10 pl. Saint-Petersbourg, 1844.

De la part de M. le major d'Ozersky, *Geognostischer umbriss*, etc. (Esquisse géognostique de la partie N.-O. de l'Esthonie) (extr. des *Actes de la Société minér. de Saint-Petersbourg, année 1844*); in-8^o, 62 p., 1 tabl. Saint-Petersb. 1844.

Commission hydrométrique de Lyon. Hauteurs des eaux tombées dans les bassins du Rhône et de la Saône, en septembre et octobre 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1846, 1^{er} semestre, t. XXII; n^o 1.

L'Institut, 1846, n° 627.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} semestre, nos 2 et 3.

The Athenæum, 1846, nos 949 et 950.

The Mining Journal, 1846, n° 541.

Boletín oficial de minas de España, 1845, 1^{er} sept., n° 55.

Verhandlungen, etc. (Actes de la Société minéralogique impériale de Russie), années 1842, 1843, 1844.

M. de Verneuil, chargé par la Société minéralogique impériale de Saint-Petersbourg de présenter à la Société géologique de France les diverses publications dont les titres viennent d'être énumérés, appelle l'attention de ses collègues sur la direction que semble prendre cette société savante. Il suffit de parcourir ses derniers volumes pour reconnaître qu'elle ne borne pas son activité aux études minéralogiques, mais qu'elle embrasse aussi les diverses parties de la géologie. Les excellents travaux de MM. Ozersky, Wangenheim von Qualen, Kutorga et de Keyserling, et l'activité de son savant secrétaire, M. Wörth, prédisent le rôle important qu'elle est appelée à jouer dans le mouvement scientifique qui tend à nous faire connaître en détail la constitution géologique de la Russie.

M. de Verneuil annonce aussi la découverte importante que vient de faire M. Abich d'un terrain paléozoïque de grande étendue en Arménie. On sait que M. Abich, professeur à Dorpat, a été chargé par le gouvernement russe de faire des recherches géologiques dans les contrées transcaucasiennes. Cet été il écrivait au colonel Helmersen qu'il avait trouvé sur le flanc septentrional du grand Ararat, près du monastère de Cosverab, et dans la vallée de l'Aras, des calcaires anciens avec fossiles tels que *Spirifer speciosus*, *S. ostiolatus*, *S. apertura-tus*, *Orthis*, *Lingula*, *Catenipora escharoides*, *Cyatophyllum flexuosum*, *Favosites*, etc., etc. D'après une lettre plus récente du même savant voyageur, il paraît que ces couches s'étendent à de grandes distances à l'E. et au N.-E. de l'Ararat. Cette découverte est d'autant plus intéressante que l'existence du terrain paléozoïque était complètement ignorée dans ces régions, où l'on n'admettait jusqu'ici que des dépôts d'âge beaucoup plus récent. En attendant que M. Abich nous fasse connaître son opinion sur les relations de ce vaste lambeau paléo-

zoïque, ne pourrait-on pas soupçonner qu'il se rattache aux roches siluriennes qui se montrent au jour sur les pentes de l'extrémité orientale des Balkans, et qui constituent une partie du Bosphore de Thrace?

M. Boubée croit que le diluvium existe en Auvergne, car on trouve dans ce pays des terrains meubles qui renferment les espèces fossiles de ce terrain.

M. Pomel répond à M. Boubée que le diluvium n'existe pas en Auvergne, car on ne peut pas lui assimiler les alluvions à débris volcaniques dont l'origine est vers les cimes voisines, et qui ne sont certainement pas le résultat d'une seule inondation. Plusieurs d'entre elles appartiennent d'ailleurs à la période pliocène; c'est le cas pour les alluvions de Perrier et pour ces dépôts de cailloux quartzeux, sans fragments de trachyte et de basalte, qui gisent sous plusieurs nappes basaltiques ou à la surface du sol. Il est encore moins possible de considérer comme représentant le grand phénomène erratique, sinon synchroniquement peut-être, les attérissements qui ne sont, comme il l'a fait remarquer, que des éboulements des parties abruptes des collines au pied desquelles ils gisent. La faune elle-même ne peut pas caractériser ce même phénomène, mais seulement l'existence de dépôts contemporains ou opérés environ à la même époque. Il ajoute qu'on a trop généralisé l'existence du diluvium; car il a remarqué dans d'autres pays que l'Auvergne, dans la vallée de la Moselle par exemple, des dépôts d'alluvions tout-à-fait locaux qu'on avait aussi confondus avec les terrains erratiques. En effet, dans une localité voisine de Metz, où les marnes liasiques moyennes sont à découvert, il a remarqué à leur surface un dépôt meuble de 3 à 4 mètres d'épaisseur qui contenait une immense quantité de bélemnites fragmentaires, mais non roulées, des mêmes espèces que renferment ces marnes.

M. de Wegmann communique la note suivante, qui lui est envoyée de Vienne par M. Boué.

Sur la structure feuilletée des roches métamorphiques.

Si la chaleur longtemps continuée des hauts-fourneaux produit des fendillements assez réguliers dans certaines roches, ou donne

à d'autres une structure feuilletée irrégulière, il n'est pas étonnant de retrouver en grand dans la nature de semblables effets d'une cause analogue bien autrement puissante. Le faux clivage des ardoises en a été jusqu'ici un des exemples les plus patents, et ces derniers ont été trouvés dès longtemps en Écosse, dans le Westmoreland, en Bretagne, dans les Ardennes, le Frankenwald, etc., etc. MM. L. Élie de Beaumont et Dufrénoy y ont ajouté avec raison certaines ardoises du système crétacé des Alpes françaises, dans leur dernier bel ouvrage, qui accompagne si dignement la carte géologique de la France. (Voyez vol. I, p. 262-265.)

Plus rarement les ardoises offrent aussi des espèces de retraits prismatiques, ou bien leurs clivages donnent lieu à cette forme, comme c'est le cas à Bulahulish, en Écosse, dans le voisinage de cet énorme entassement de porphyres du pittoresque Glencoë. (Voyez mon *Essai sur l'Écosse*, 1820, p. 78.)

D'une autre part, un faux clivage semblable s'observe aussi dans certaines grauwackes, comme dans le pays de Galles septentrional, dans le quartzite et les roches quartzo-talqueuses, ainsi que le talcschiste. (Voyez *Desc. des Hébrides*, par le doct. Macculloch, vol. I, p. 142 et 242, pl. XXII, fig. 6, ou mon *Essai sur l'Écosse*, p. 77, ainsi que l'*Expl. de la carte géologique de la France*, 1841, vol. I, p. 63.)

Nous croyons même que certains massifs à filons quartzeux ayant été chauffés, il a pu se faire que le quartz de ces derniers s'est divisé en plaques parallèlement aux murs des fentes qui le renferment. Si cela a pu être le cas dans certaines occasions, je suis bien loin de méconnaître les autres causes qui ont pu disposer la matière quartzeuse par bandes dans les filons. Le chauffage d'un massif à filons métallifères a pu et dû produire des changements divers dans le contenu des fibres, soit par l'effet même de la chaleur, soit par des actions thermo-électriques ainsi excitées. Cela peut-il expliquer certains filons à peu près stériles, à côté desquels leurs anciens minerais ont été transportés plus tard dans de petites fentes latérales de la roche voisine? Maintenant, tout ceci admis comme des faits, ne pourrait-on pas se demander si les schistes cristallins, les micaschistes, les gneiss, les leptinites, n'ont pas quelquefois pris un faux clivage ou une structure feuilletée différente de celle que ces roches avaient primitivement comme sédiments? Le métamorphisme de ces roches a été produit par certaines forces agissant dans certaines directions; la nature de ces puissances pourrait même rester en dehors de la question. Or, ne serait-il pas possible qu'elles aient pu donner lieu à des clivages cou-

pant plus ou moins les feuillets primitifs, puisqu'il ne s'agirait que de supposer à ces actions : 1^o une certaine direction déterminée, par exemple, qui se manifeste dans certaines expériences électromagnétiques ou électro-chimiques, 2^o une intensité ou des circonstances accessoires telles, que l'influence de la structure feuilletée des matières du sédiment devînt très-peu sensible, ou s'évanouît tout-à-fait. Si une pareille supposition était permise, ne pourrait-on pas comprendre qu'il peut se former de cette manière, non seulement des masses à structure feuilletée quelquefois plus ou moins effacée ou indistincte, comme certains leptinites, mais encore des schistes cristallins dénotant par leurs feuillets une stratification et une inclinaison différentes de celles dominant dans un massif ou une chaîne? Ainsi, ne pourrait-on pas employer cette idée pour s'expliquer au moins en partie, si ce n'est pour tous les cas, les irrégularités d'inclinaison et de stratification dans les schistes cristallins d'une chaîne, tandis que le reste serait l'effet de redressements, de glissements et de renversements, suites de soulèvements ou d'affaissements? Que tout ceci soit ou non un rêve, il n'en est pas moins vrai, d'après mes observations, qu'il y aurait des schistes cristallins qui ont en petit une structure feuilletée, surtout au moyen de la disposition régulière de leur mica, et qui, en grand, sont divisés en strates ou couches parallèlement au plan de ces petits feuillets, qu'ils coupent en dernier sous des angles plus ou moins ouverts. De cette manière, certains filons métallifères, ou simplement remplis de matière minérale stérile, peuvent avoir l'air d'être plus ou moins des filons couchés, tandis qu'en réalité leur dépôt ou remplissage a eu lieu primitivement dans des fentes coupant les feuillets de la roche.

A la suite de la note qu'il vient de lire, M. de Wegmann dépose sur le bureau le tableau ci-contre, que M. Boué l'a prié également de communiquer à la Société.

ESSAI D'UN TABLEAU DE LA PRODUCTION MINÉRALE ET MÉ

	Or (1).	Argent (2)	Cuivre (3)	Étain (4)	Mercure.	Zinc.	Plomb.	Litharge.	Fer (5)	Cobalt.	Ant.
	marks	marks	qtx.	qtx.	qtx.	qtx.	qtx.	qtx.	qtx.	qtx.	
AUTRICHE.											
MORAVIE, SILÉSIE.											
SALZBOURG.	90	270	150								
STYRIE.	10	800	1000					2000		610	
TYROL.	40	850	2500				2500	200			
BOHÈME.		23000		790			4000	15000		100	
CARINTHIE ET CAR- NIOLE.					4200 à Idria	1000 Bleiberg.	6000 Bleiberg et Raibl.			Joachims- thal.	
ILLYRIE (ISTRIE ET DALMATIE).											
ROY. VÉNITIEN. . .			4000								
ROY. DE LOMBARDIE.											
GALLICIE.			3000				300	800			
BUKOWINE.		700									
HONGRIE.	2200	68000	42000				300	4500		Dobschau	40
BANNAT.	10	2500	6000			1200					
TRANSYLVANIE. . .	3400	5000	1000		40						
CROATIE.											
TOTAL.	5750	101120	59650	790	4240	2200	13100	22500	28,000000	710	40

* N. B. Cet aperçu sur les mines et usines de l'empire d'Autriche a été entrepris à la demande de M. V. let. Il m'a fallu parcourir divers ouvrages de statistique, tels que ceux de MM. Becher, Springer, Lichtenste Tegoborski, etc., ainsi que tirer des données de certains journaux politiques ou industriels. Comme je suis rivé, par mes recherches, à quelques détails de plus que ceux qu'on connaissait, j'ai cru intéressant de co- muniquer ce petit travail à la Société géologique de France, tout en déplorant de ne pouvoir en dire dav- tage, et avec plus de certitude.

Principales mines.

(1) *Or*. Rauris (Salzbourg), Zell (Zillerthal, Tyrol), Schemnitz, Magurka, Kremnitz en Hongrie, Nagyba (Hongrie orientale), Rezbania (Bannat), Vorospatak, Nagyag (Transylvanie); or alluvial (Marosh Aluta); al- vions de la Mur, Styrie, Bockstein.

(2) *Argent*. Klausen en Tyrol, Przibram et Joachimsthal (Bohême), Schemnitz, Schmollnitz, Golln Nagybania (Hongrie), Rezbania (Bannat), Kapnik, Felsobanya (Transylvanie), Feistritz, Taschenthal Styrie.

(3) *Cuivre*. Kizhubel (Tyrol), Agordo (Bellunais), Carpathes sept-centrales, Oravitza, Tschiklova, Sacz Maldoval et Dognatska (Bannat).

(4) *Étain*. Schlackenwald (Bohême septentrionale).

(5) *Fer*. Les données sur la production provinciale du fer sont des plus fautes. On ne s'en étonnera pas, apprenant qu'en Bohême et en Hongrie il existe encore, outre la redevance à l'Etat, une dîme seigneuriale pr certains gîtes : or, comme pour toutes les dîmes de l'Etat ou des seigneurs, elles ne sont pas le dixième ré- mais seulement une approximation, donc on ne peut pas apprécier au juste toute la production annue. D'ailleurs, en Hongrie, il paraît que certains propriétaires se refusent net à donner un aperçu de leur prod- tion. — De plus, les anciennes données sur la quantité annuelle de fer brut, de fer fondu et d'acier, dans chaq province, sont toutes inapplicables à l'époque actuelle, où les chemins de fer, l'accroissement journalier machines à vapeur, des usines et des fabriques à la mécanique, exige une tout autre échelle de producti- annuelle qu'il y a dix ans. Cette donnée de 28 millions de quint. peut être trop haute, c'est possible ; tout- que je puis dire, c'est que je la tiens d'un Autrichien très versé dans l'industrie des fers, et ayant les plus gra- intérêts à son état florissant. Beaucoup de nouvelles mines ont été ouvertes, et les anciennes sont exploit- avec plus d'ouvriers et des moyens bien autrement puissants que jadis.

(6) *Houille*. On ne peut pas encore séparer la production des houilles de celle des lignites ; cependant, si l- savait celle de chaque province, un géologue s'y reconnaîtrait bientôt. Plusieurs des observations faites sur fer s'appliquent à la houille. Il y a là des difficultés résultant de la législation. L'augmentation des exploi- tions houillères a dû suivre l'élan de l'industrie ; mon chiffre serait-il trop élevé ?

L'Autriche a des mines de lignite tertiaire et crétacé ainsi que de la houille crétacée (Gresten et Alpes la Moravie et la Silésie d'excellentes houilles, à Oslawon et Ostzon ; les houilles de la Bohême sont dans cercle de Pilsen, ses lignites dans le nord. La Styrie, le Salzbourg et la Carinthie n'ont pas que des ligni-

BIQUE ANNUELLE DE LA MONARCHIE AUTRICHIENNE (*).

ic.	Manga- nèse.	Houille (6) et lignite.	Soufre.	Sel (7).	Graphite. (8)	Alun.	Sulfate de fer.	Sulfate de cuivre	Sulfate de zinc.	Asphalte (9).
ix.	qtx.	qtx. Lignite et houille. Houille.		qtx. 1,24000	qtx. 2300	qtx. 	qtx.	qtx.	qtx.	
					2000					
100		Lignite.	Grossarl	16 à 180000				Muhlbach	Muhlbach	
		Lignite.	Muhlbach.	524000 Maiz.	300			300	200	
		531,869 ? Houille		ou 786000 Hall.						Seefeld.
		5,000000 ?	8000		18000					
		Lignites.								
		Istrie.		Salines d'eau		Sovigniaco,				Vergoratz,
		Lignites.		de mer, à Stagno.		Istrie.				Dalmatie,
		Lignites.	Agordo.							îles Dalmates.
		Lignites.								
		Lignites.	Swo-zowice	2,100000	700					
		Lignites bip. de localités.								
		Houille,		1,400000		Munkacs.				
		Cinq Eglises.								
		Houille,								
		Oravitz.								
		Lignites.		1,000000						
		Lignites.	Rad-boy.							
100		12,000000	24000	6,700000	23300	24000	42000	4800	200	inconnu.

liaires; les îles Dalmates et l'Istrie ont des houilles crétacées (Albona, Carpona); le royaume Lombardo-Vénitien des lignites tertiaires; la Gallicie et la Bukowine peu de lignites du même âge; la Hongrie et la Transylvanie des lignites tertiaires avec des houilles peut-être crétacées à Cinq-Eglises; le Banat d'excellentes houilles, à Steuersdorf, à l'est d'Oravitz; enfin la Croatie et la Dalmatie des lignites tertiaires ainsi que des gisements d'asphalte (Vergoratz, île de Veglia, etc.).

7) *Sel*. Ischel, Hallstadt, Aussee, fournissent 1,234,000; Aussee est annexé ici quoiqu'en Styrie, à cause de son extrême voisinage des deux autres localités de la Haute-Autriche.

Hallein (Salzbourg), Admont (Styrie): cette eau salée donnerait 524,000 metzen ou demi-sacs; Hall (Tyrol), quantité ignorée.

Wieliczka (Gallicie) donneraient 1,200,000 quint., et les trente-cinq autres salines de la Gallicie 900,000 quint.

Marmarosch et le comitat de Schwaz, en Hongrie, donneraient l'un 600,000 et l'autre 8,000,000 de quint.

La production du sel est probablement plus grande, car ces dernières ne sont pas très récentes. Le prix de production du sel varie beaucoup d'une localité à l'autre, savoir, de 56 kreutzer à 1 florin 50 kreutzer pour quintal. Ainsi le sel en roche de Marmarosch et de la Transylvanie ne coûte que 56 kreutzer, tandis que le sel retiré des argiles salifères de Hall, en Tyrol, revient à l'Etat 1 florin 50 kreutzer. Le sel se vend à divers prix, suivant les provinces: ce dernier varie de 6 florins 25 kreutzer à 4 florins le quintal. En Autriche, il coûte 4 1/2 kreutzer la livre. Le produit du monopole du sel a été estimé à diverses sommes: M. Tegoborski a porté d'abord, dans son ouvrage sur les finances de l'Autriche, à 25, puis plus tard à 26 millions de florins; d'autres personnes voudraient l'abaisser au-dessous de 20 millions, la population actuelle de l'empire dépassant 36 millions d'âmes.

8) *Graphite*. Hafnerzell (Haute-Autriche).

1) C'est le signe pour les pays où une exploitation a lieu.

9) A Seefeld, en Tyrol, on extrait une espèce de pétrole d'un schiste bitumineux; on l'emploie aux usages de l'asphalte. Une compagnie pour l'asphalte, le ciment, etc., à Venise, exploite les gîtes dalmates.

Le produit net des mines et usines de la monarchie autrichienne, pour l'Etat, a été estimé trop bas par M. Tegoborski; son critique anonyme lui a fait observer qu'il avait omis la redevance à l'Etat nommée *bergfrohn* (est-à-dire l'impôt de la montagne), le produit du poinçonnage et celui des usines de l'Etat, ce qui forme à son compte trois articles: le premier de 900,000 florins, les autres de 50,000 florins chacun. C'est probablement par suite de ces observations que l'auteur russe a élevé dans sa seconde édition son premier chiffre de 900,000 florins à 1,200,000 florins; cependant il paraîtrait que, vers 1,500,000 florins, il avait plus approché la vérité. On sait qu'en Autriche il y a des mines et des usines exploitées au compte de l'Etat, et d'autres qui sont la propriété de compagnies, de corporations, de certaines familles, ou d'individus, de manière que le budget minier, pour l'Etat, est bien inférieur à celui qui comprendrait les dépenses et les recettes de la totalité des mines et usines de l'empire. De plus, dans les recettes de l'Etat, ne faudrait-il pas aussi tenir compte des déchets occasionnés par des dîmes mal calculées, des redevances peut-être quelquefois en partie perdues?

M. Bernard, membre de la Société, demeurant à Nantua, adresse les observations suivantes, auxquelles il a été amené par la lecture du compte-rendu de la réunion extraordinaire de Chambéry.

M. Beaudouin a admis en théorie que certaines plantes étaient spéciales à certains terrains qu'elles pouvaient faire reconnaître. M. Clément Mullet a cité à l'appui le *Galeopsis ochroleucum* comme croissant particulièrement sur les granites d'Autun et ceux de Saint-Étienne-en-Forez. M. Bernard a bien vu aussi cette plante dans cette dernière localité et dans une autre qu'il nomme; mais comme cette plante a été vue et indiquée ailleurs, la preuve qu'on en peut tirer est, suivant lui, sans valeur. Il vaut donc beaucoup mieux dire avec M. Michelin que les plantes ne sont point limitées à certaines régions géologiques, mais plutôt qu'elles affectionnent certaines zones de hauteur; ce serait donc plutôt l'altitude qu'il conviendrait d'étudier que la nature du terrain.

M. Virlet, à l'appui de la théorie de l'habitation des plantes, avait cité l'*Arbutus uva ursi* comme paraissant se trouver spécialement sur la partie dolomitique du Mont-du-Chat, qu'elle aurait alors caractérisée. M. Bernard l'a vu dans divers autres terrains qu'il cite. Ensuite, en ce qui regarde la dolomie, elle est au-dessous du col, tandis que le mamelon sur lequel M. Bernard a noté l'existence de l'*Arbutus uva ursi* serait à 100 mètres au-dessus.

L'auteur de la lettre exprime le regret que le compte-rendu ne contienne pas plus de détails sur les diverses dolomies du Mont-du-Chat, car il serait intéressant de savoir s'il n'y a pas fusion entre elles. Il a reconnu que la roche qui est connue à Charrix sous le nom de molasse est une véritable dolomie. Elle est toujours placée dans le système corallien, qui jamais n'est sans elle. Elle en forme la base dans l'arrondissement de Nantua, où elle repose sur l'Oxford clay, comme on le voit au versant O. du Mont-du-Chat. La dolomie existe, 1° au N.-E. de la ville de Nantua, 2° à la carrière de Charrix, 3° au Landeyron, 4° à Oylhonex, 5° au Poisat, et enfin au nouveau chemin du lac de Silanz à Plagne. Dans cette localité, M. Bernard, accompagné

de M. Roux, géologue de Genève, a pu observer les divers états par lesquels passe la dolomie.

Près la tour de Silanz, route de Lyon à Genève, elle est supportée par l'oxford-clay et recouverte par des masses épaisses de calcaire corallien. Elle se trouve à divers états alternant avec le coral rag qui passe au corallien ; ce qui établit donc encore une concordance de position entre cette dolomie et celle du Mont-du-Chat ; d'où on serait porté à conclure que les dolomies des terrains jurassiques appartiennent toutes au système corallien.

M. Bernard, revenant ensuite aux rapports de la géologie avec l'habitation des plantes, se livre à diverses considérations basées sur ce qui se pratique dans l'horticulture ; le fait le plus saillant cité par lui est la présence du hêtre sur le terrain du gault à la perte du Rhône, tandis que M. Clément Mullet a remarqué qu'il était très rare sur ce terrain dans le département de l'Aube.

Enfin M. Bernard termine sa lettre en émettant le vœu que cette question du rapport de la géologie avec l'habitation des plantes soit étudiée et approfondie, pour qu'elle fournisse l'observation de phénomènes très curieux et contribue à la fois au développement de la géologie et de la physiologie végétale.

M. Viquesnel signale une erreur qui s'est glissée dans l'impression de sa note sur les filons de basalte du Puy-de-Montaudou (Voir *Bulletin*, tom. III, séance du 3 novembre 1845). Le troisième alinéa, commençant par les mots : Le Puy-de-Montaudou, etc., a été placé par mégarde après l'alinéa commençant par les mots : Si l'on parcourt..... Il résulte de cette erreur de typographie que les idées ne se présentent pas suivant leur ordre naturel.

M. le Secrétaire donne lecture de la note suivante.

Observations sur le minerai de fer qui se forme journellement dans les marais et dans les lacs, par M. Daubrée (extrait d'un Mémoire).

On sait que des dépôts considérables de minerai de fer, de formation extrêmement récente, s'observent dans diverses contrées basses ou marécageuses de l'Europe. Ce minerai, qui consiste prin-

ciipalement en hydroxyde de fer, se trouve tantôt en suspension dans les eaux de marais et de lacs, tantôt disséminé dans des terrains sablonneux, et, dans ce dernier cas, il n'est jamais qu'à une très faible profondeur au-dessous de la surface du sol. Selon les circonstances de son gisement, l'oxyde de fer dont il est question a reçu les différents noms de *mineral des marais*, *mineral des lacs*, *mineral des prairies*, *mineral des gazons*.

Il n'est pas douteux que ces dépôts ferrugineux aient été formés à une époque très récente; car non seulement ils sont fréquemment superposés à des graviers et à des sables diluviens, mais accidentellement on y rencontre des produits de l'industrie humaine, tels que des outils ou des fragments de poterie, qui sont renfermés dans le mineral massif. D'ailleurs, en diverses localités de la Suède et de l'Allemagne, on a cru reconnaître que du mineral se reproduisait en des points où, antérieurement, on l'avait extrait en totalité.

Les régions de l'Europe où le mineral des marais est particulièrement abondant sont: la Basse-Lusace, la Silésie, la Pologne, la Poméranie, le Mecklembourg, le Bannat, quelques contrées voisines du Rhin, entre autres la Hollande, le Danemark; dans l'empire russe, la Livonie, la Courlande, la Finlande, le gouvernement d'Olonetz et les bords du Donetz; enfin un très grand nombre de lacs de la Suède et de la Norvège. Le même mineral a été aussi signalé hors de l'Europe, notamment dans les savanes du nord de l'Amérique, au Connecticut (1), et en Afrique dans les sables du Kordofan (2). Il est exploité dans un grand nombre de lieux pour la fabrication du fer.

Le trait le plus essentiel à tous ces dépôts ferrugineux, c'est d'être situés dans le voisinage de cours d'eau, soit dans les plaines où ces cours d'eau prennent des vitesses très faibles et se partagent en flaques marécageuses, soit encore dans les lacs que les rivières alimentent. La première manière d'être, qui est la plus fréquente, s'observe en Allemagne, le long de l'Oder, de l'Elbe, de la Neisse, de la Sprée, etc. Plus d'un millier de lacs de la Suède et de la Norvège, de la Finlande et du nord de la Russie, fournissent des exemples de l'autre genre de dépôt.

Lorsque ce mineral est enfoui dans le sol, il se trouve rarement au-delà de 1 mètre de profondeur: du gazon, des bruyères, du sable, du limon, ou, très souvent encore, de la tourbe, le recou-

(1) Percival, *On Connecticut*, p. 473.

(2) D'après M. Russegger.

vrent; rarement son épaisseur dépasse 0^m,60 à 1 mètre, et elle est en général beaucoup moindre.

Le minerai du fond des lacs est souvent en grains isolés, de forme sphéroïdale, à structure concentrique qui a quelquefois de la ressemblance avec le minerai pisolitique, si abondant dans la formation tertiaire. On le rencontre aussi en petits galets plats de 1 centimètre de diamètre.

Quoique la précipitation de l'oxyde de fer continue à se faire journellement à la surface des continents avec une abondance telle qu'il en résulte des gîtes exploitables, l'histoire du phénomène n'est pas encore éclaircie. On a d'abord supposé que le minerai pourrait résulter de la décomposition des pyrites de fer, si répandues dans divers terrains sous l'influence de l'air et de l'eau. On a aussi pensé qu'il pourrait être apporté des profondeurs par des sources minérales gazeuses contenant du fer en dissolution.

Depuis que les importantes découvertes de M. Ehrenberg ont montré le rôle important d'organismes microscopiques dans différents terrains, et en particulier depuis que ce savant a signalé dans les marais des pellicules ocreuses, en grande partie formées par l'accumulation des carapaces ferrugineuses du genre *Gaillonella*, on a supposé que ces animaux pourraient concentrer, sous forme d'amas puissants, le fer disséminé dans les eaux. Mais l'observation faite par M. Kindler (1) il y a plusieurs années, sur la décoloration des sables ferrugineux par le voisinage de racines d'arbres en putréfaction, me paraît, d'après les nombreux faits analogues que j'ai observés dans la plaine du Rhin, être particulièrement essentielle au phénomène en question.

Des observations sur la dissolution et la précipitation journalières de l'oxyde de fer dans la nature, que j'ai eu occasion de faire dans la chaîne des Vosges, en Alsace et dans la Lorraine, amènent aux conclusions suivantes :

1^o Le peroxyde de fer, mélangé à des terrains peu cohérents qui contiennent des matières végétales en décomposition, est dissous par les eaux météoriques, qui s'y infiltrent, sous l'influence de certains produits de la pourriture de ces végétaux, fait que M. Kindler (2) avait déjà reconnu. La décoloration par des plantes en putréfaction s'observe sur de vastes étendues dans la plaine du Rhin et en Lorraine. Une racine située dans l'argile sableuse enlève le fer en général jusqu'à une distance de 1 à 5 centimètres. Si le ter-

(1) Poggendorf, *Annalen der physik und chemie*, XXXVII, p. 203.

(2) Même Mémoire.

rain est très perméable, comme le sont les sables, cette dissolution donne plus bas naissance à de nombreuses sources ferrugineuses.

Les roches amphiboliques et pyroxéniques amenées à l'état terreux, et d'autres roches ferrifères, lorsqu'elles se trouvent dans les mêmes circonstances que les sables jaunes mentionnés plus haut, se comportent d'une manière semblable.

2° C'est par l'action de l'acide carbonique et de l'acide crénique que le peroxyde de fer, réduit, au moins en partie, à l'état de protoxyde par la présence de la matière végétale qui l'avoisine, paraît être amené à un état soluble dans l'eau. M. Berzélius avait déjà signalé comme très probable l'intervention de l'acide crénique dans le phénomène (1).

3° Partout où l'eau de ces sources coule lentement au contact de l'air, elle abandonne, particulièrement pendant l'été, une boue gélatineuse d'un brun noirâtre, qui se compose principalement de protoxyde et de peroxyde de fer combinés avec de l'acide carbonique, de l'acide crénique et de l'eau. L'oxyde de manganèse y manque rarement, et sa présence est probablement due aux mêmes réactions que celle de l'oxyde de fer. L'acide carbonique se dégage à mesure que le protoxyde de fer passe à l'état de peroxyde, et, enfin, après que la substance a été desséchée à la température ordinaire, naturellement ou artificiellement, il n'y reste plus que des traces de cet oxyde.

4° Si le précipité de la source a séjourné quelques jours dans la rigole de la source, il est en outre mélangé de beaucoup de carapaces siliceuses d'infusoires appartenant aux genres *Navicula* et *Gaillonella*, ainsi que de très nombreux filaments d'*Oscillaria*.

5° Le dépôt formé aux environs de chaque source est charrié lors des hautes eaux vers un ruisseau ou vers une rivière du voisinage; il en est de même de la partie de la combinaison ferrugineuse qui, n'ayant pas encore été décomposée, est restée en dissolution. Tant que ce ruisseau ou cette rivière coule rapidement, il ne se dépose rien sur son lit; mais partout où la vitesse de ces cours d'eau est considérablement ralentie, surtout dans les flaques d'eau stagnante qu'ils alimentent non loin de leur lit, l'oxyde tenu en suspension et celui qui est encore en dissolution se précipitent peu à peu; puis le dépôt, s'infiltrant latéralement dans les sables, va contribuer à l'accroissement de concrétions en forme de veines et de rognons, lesquelles, au bout d'un certain laps de temps, deviennent exploitables comme minerai de fer.

(1) Berzélius, *Jahresberisht*, XVII, p. 240.

6° Néanmoins on conçoit que la totalité de l'oxyde de fer transporté par une rivière ne peut être ainsi fixée le long de ses bords, si ce n'est, peut-être, dans les endroits où, par un renflement considérable, elle produit des lacs, comme en Scandinavie ou en Finlande. L'excédant se rend dans le fleuve voisin, le long duquel le même phénomène se reproduit, lorsque le fleuve alimente des marais. Enfin, une dernière fraction est versée à la mer, où cet oxyde de fer va sans doute contribuer à cimenter des dépôts incohérents, comme on l'observe dans d'anciens terrains.

7° La composition chimique du dépôt des marais est analogue à celle du dépôt des sources; comme ce dernier, il est mélangé de lits siliceux d'infusoires et de débris d'oscillaires.

Il n'y a de différence essentielle que dans la proportion d'acide phosphorique. Cet acide, qui ne se trouve que par traces dans le dépôt ocreux au moment de sa dernière précipitation, existe en quantité très notable, souvent de 0,005 à 0,01 et au-delà, dans le précipité qui a séjourné dans les marais. Il paraît donc que l'acide phosphorique des corps organisés qui vivent et meurent dans ces eaux, en raison de son affinité bien connue pour le peroxyde de fer, tend sans cesse à s'unir à cette dernière base.

L'observation précédente s'accorde bien avec un fait depuis longtemps reconnu dans le gouvernement d'Olonetz, savoir, que le minerai qui se dépose dans les lacs est toujours moins phosphoreux que le minerai des marais (1).

8° Si l'on abandonne à lui-même, sous l'eau, le dépôt des sources ou celui des marais, il se fait une fermentation des parties organiques, à la suite de laquelle une faible quantité d'oxyde de fer se dissout de nouveau. Une partie de l'oxyde de fer de la liqueur est à l'état de sel organique, l'autre à l'état de carbonate. Cette réaction vient à l'appui des idées émises plus haut sur la formation des sources ferrugineuses.

9° Toutes les principales circonstances du gisement habituel du minerai des marais et des lacs paraissent d'accord avec la théorie déduite des observations faites en Alsace et en Lorraine.

Ainsi on voit pourquoi le minerai de la première espèce se forme toujours à proximité des cours d'eau, dans les plaines peu inclinées qui sont situées le long des rivières ou vers leur embouchure. On reconnaît aussi pourquoi ces dépôts sont si ordinairement associés à la tourbe dans toutes les contrées du nord de l'Europe, en Allemagne, en Hollande, en Suède, en Norvège et en Finlande :

(1) *Annuaire des mines de Russie*, 1835, p. 240.

C'est que, indépendamment du rôle chimique que les produits de la décomposition des plantes tourbeuses peuvent exercer sur les sables ferrugineux voisins, une eau peu profonde qui se renouvelle sans cesse, mais avec une vitesse très faible, paraît aussi réaliser la condition la plus essentielle à la formation de la tourbe.

10° Les marais où se développe le minerai de fer sont quelquefois à proximité du terrain ferrugineux, duquel dérive ce minerai, comme le long de la Lauter et des ruisseaux voisins, et alors la relation qui les unit est facile à saisir. Mais il n'en est pas toujours ainsi; d'après ce qui a été exposé, la combinaison ferrugineuse peut être portée à 80, 200, 400 kilomètres du point de départ; pour ceux qui n'ont examiné que ce dernier cas, l'origine était plus difficile à saisir. D'ailleurs ce phénomène, comme beaucoup d'autres actions chimiques qui ont lieu actuellement à la surface du globe, se fait avec une extrême lenteur.

11° Le mode de précipitation de l'oxyde de fer qui vient d'être exposé ne paraît pas être exclusivement restreint à l'époque actuelle. Les sables et graviers diluviens sont souvent cimentés par des veines ou des rognons ferrugineux dont le dépôt est aujourd'hui tout-à-fait arrêté, et qui sont analogues au minerai des marais. Tels sont aussi, peut-être, différents gîtes subordonnés à des sables tertiaires, comme ceux de Courtavon (Haut-Rhin) et ceux des sables des Landes.

Il est, du reste, évident qu'aujourd'hui même la nature se sert de procédés autres que celui qui vient d'être décrit pour former des dépôts ferrugineux. Ainsi, dans la région volcanique de l'Eifel, les sources gazeuses de la vallée de Brohl apportent le fer à l'état de bicarbonate, d'après M. Bischof, et le déposent à la surface du sol sous forme de peroxyde mélangé de carbonate. D'autres dépôts résultent de la décomposition de la pyrite de fer en présence de l'air et de l'eau; tels paraissent être, d'après M. l'ingénieur François, les amas ocreux des Pyrénées, qui sont en outre aurifères. Mais parmi les dépôts contemporains de minerai de fer, ceux formés par l'influence de la pourriture végétale dominant beaucoup en Europe par la grande étendue qu'ils occupent; ils sont d'ailleurs à citer comme un des chaînons variés qui lient indirectement aux êtres organisés la formation de grandes masses minérales.

M. Virlet rappelle, à l'occasion de la communication de M. Daubrée, que dans sa note *sur les phénomènes de déplacement moléculaires dans les roches*, il a émis aussi l'opinion que

les noyaux ferrugineux, calcaires ou siliceux continuaient probablement à se former dans les circonstances convenables; ce qui est d'ailleurs démontré par les douves de tonneaux en partie calcarifiées des environs d'Autun, et les cherts tuberculeux silicéo-calcaires des terrains d'attérissements les plus récents de l'Auvergne, lesquels offrent quelque ressemblance minéralogique avec la ménilite (quartz-résinite) des environs de Paris, et pour les formes avec certaines masses de silex caverneux ou meulières. Les carriers qui exploitent les pierres meulières ont d'ailleurs l'opinion que cette pierre se reproduit au bout d'un certain temps, et que là où on a déjà exploité, on peut, cent ans après par exemple, recommencer à exploiter de nouveau. Un siècle est peut-être bien peu pour cette reproduction; mais, quoi qu'il en soit, il ne faut pas toujours rejeter comme invraisemblable, ainsi qu'on y est généralement très enclin, l'opinion d'hommes parmi lesquels, malgré leur ignorance, il peut se rencontrer parfois d'excellents observateurs, et qui, se trouvant toute leur vie en présence d'un seul ordre de phénomènes, sont par cela même appelés à faire des observations qui doivent nécessairement échapper souvent au naturaliste qui ne voit guère qu'en courant.

M. Virlet ajoute que les habitants des Landes de Bordeaux ont aussi l'opinion que les plaques de fer sableux qu'on rencontre à la surface ou à une petite profondeur au milieu des sables, se produisent encore aujourd'hui; que dans le gouvernement d'Olonetz, où l'on exploite principalement les minerais des lacs et des marais, les ouvriers sont également convaincus qu'ils se reproduisent au bout d'un certain temps. Ces minerais, qu'on divise en *minerai à canon* et en *minerai ordinaire*, selon qu'ils sont plus ou moins manganésifères ou plus ou moins phosphoreux et qu'ils servent à la fabrication des canons ou à celle des projectiles, se trouvent en nids, en nodules aplatis ou bien en grains, à couches concentriques, qui atteignent quelquefois jusqu'à la grosseur d'un œuf de poule. Ils forment par leur réunion des couches parfois continues, mais qui sont généralement peu épaisses (de 4 à 36 centimètres), au fond des marais et des lacs si nombreux dans cette partie de la Russie. Dans la note précédemment citée (*Bulletin*, tome II, 2^e sér., pag. 200),

M. Virlet a dit aussi « que les phénomènes qui, à différentes » époques, ont donné lieu à la formation des sphérosidérîtes, » se sont reproduits à des époques très récentes et se conti- » nuent même encore aujourd'hui ; car la plupart des minerais » de fer d'alluvion, principalement les limonites en rognons » géodiques, sont certainement dues à un déplacement molécu- » laire semblable. » Des observations attentives faites dans des terrains très récents montrent qu'il s'y forme parfois des noyaux ferrugineux tout-à-fait semblables à ceux qui composent la plupart de nos minerais d'alluvions géodiques et en grains, et l'on est amené ainsi à admettre que ceux-ci se sont formés postérieurement dans les terrains mêmes qui les renferment, et qu'ils peuvent continuer à s'y former.

Selon M. Virlet, il n'y a même pas besoin d'admettre, comme il l'a fait d'abord, l'intervention de courants électriques ou de forces analogues ; car la plupart des terrains, en raison de leur plus ou moins de perméabilité, donnent nécessairement lieu, soit dans les couches d'air, soit dans les couches d'eau qui les pénètrent, à des courants déterminés par la différence de température à chaque niveau. Ces courants, qui s'opèrent principalement de haut en bas, pour être très lents, n'en sont pas moins réels, et constituent ce qu'il appelle la *zone des influences météorologiques*, qui, suivant la disposition des terrains, leur degré de porosité ou leur état de fissuration et de fendillement, se font ressentir à de plus ou moins grandes profondeurs. On a la preuve de ces influences météorologiques, par exemple, dans les altérations subies par les couches de houilles qui viennent affleurer à la surface du sol ; altérations évidentes, plus ou moins prononcées selon les qualités de la houille, et qui se font quelquefois ressentir jusqu'à 2 ou 300 pieds de profondeur, et même au-delà. C'est ce phénomène, pour lui purement météorologique, qui a donné lieu à l'opinion généralement reçue que les houilles sont d'autant meilleures qu'on les extrait à une plus grande profondeur ; ce qui n'est vrai, on doit le concevoir, que jusqu'à de certaines limites. Quoi qu'il en soit, M. Virlet pense que les courants dus à la perméabilité des terrains et à la différence dégradée de la température des fluides dans l'intérieur des couches, suffit pour déterminer le transport sur certains

points des molécules ferrugineuses, calcaires ou siliceuses qui peuvent se trouver en dissolution dans les eaux, et pour continuer ainsi les différents phénomènes nodulaires.

M. le Secrétaire donne lecture de la note suivante.

Examen de charbons produits par voie ignée à l'époque houillère et à l'époque liasique, par M. A. Daubrée.

Le terrain houiller de Sarrebrück renferme dans plusieurs localités, entre autres près d'Altenkirchen, une substance noire et fibreuse qui a la plus grande analogie avec le charbon résultant de la calcination du bois. La ressemblance est souvent telle qu'on pourrait croire que ces produits carbonisés ont été récemment obtenus, si on les voyait dégagés de leur gangue.

Les fragments dont il s'agit se rapportent à deux variétés bien distinctes : les uns sont d'un noir pur, à fibres très fines, et ne diffèrent dans leurs caractères physiques du charbon de bois tendre que par une très grande friabilité; ils sont de forme irrégulière et ont des angles vifs et faiblement arrondis. Aucune espèce de transition ne s'observe entre ces charbons friables et la houille ou le schiste qui les enveloppe de toutes parts. M. Schimper, qui a rapporté de ces échantillons d'Altenkirchen, a bien voulu les examiner au microscope, et il y a clairement reconnu sur les fibres ligneuses les séries de pores circulaires caractéristiques de la famille des conifères.

Il est dans la même localité d'autres débris charbonneux qui sont plus tenaces et beaucoup plus denses que le charbon de bois; leur couleur est d'un noir peu foncé; à part ces différences, ils se rapprochent du charbon végétal ordinaire, comme les échantillons de la première variété, par une structure ligneuse bien prononcée et par la forme anguleuse de leurs contours. Ils sont fortement agglutinés sous forme d'une brèche très cohérente. Ça et là on observe entre les fibres de petits grains de pyrite de fer et des veinules très déliées de houille à cassure brillante. Dans les échantillons que j'ai eu occasion de voir, la dimension linéaire de ces fragments ne dépasse pas 3 centimètres.

Cette variété de *charbon lourd*, soumise à un examen chimique, m'a donné les résultats suivants.

Chauffé dans un tube fermé, il abandonne d'abord une faible quantité d'eau à réaction acide, et, au rouge naissant, des traces à peine sensibles d'une huile brune à odeur empyreumatique. Le

résidu de la calcination devient d'un gris plus foncé et renferme des parties altérables au barreau aimanté, ce qui n'a pas lieu avant la calcination.

Par incinération, on obtient un résidu rougeâtre dont le volume est de peu inférieur au volume du charbon employé.

Ce charbon ne cède aucune substance soluble à l'eau bouillante, si ce n'est une trace de matière organique.

L'acide hydrochlorique l'attaque avec un fort dégagement d'acide carbonique, et dissout de la chaux, du protoxyde de fer, du protoxyde de manganèse et de la magnésie. Le résidu est noir foncé et brûle lentement en laissant des cendres de teinte rosée.

Ce même échantillon renferme :

Carbone libre	0,24
Chaux	0,47
Magnésie	0,08
Oxyde ferreux.	0,40
Oxyde manganeux.	0,06
Résidu insoluble dans l'acide hydrochlorique. .	0,07
Acide carbonique, plus une faible quantité d'eau et d'huile volatile (par différence).	0,34
	4,00

Les quatre bases paraissent donc se trouver à l'état de carbonate neutre, et la substance est à considérer comme une matière analogue au charbon de bois qui est mélangée de près de trois fois et demie son poids du carbonate (Ca , Mg , Fe) $\bar{e}$.

Jusqu'à présent, j'ai eu trop peu de charbon de la variété friable pour en faire aussi l'analyse quantitative; j'ai seulement constaté que, chauffé graduellement jusqu'au rouge dans un tube fermé, il abandonne une très petite quantité d'eau à réaction acide, avec accompagnement d'une faible odeur empyreumatique. Le résidu de cette calcination ne change nullement de forme, même après une chaleur rouge; l'ayant soumis au microscope, j'y ai en effet retrouvé tous les détails de leur structure ligneuse, et jusqu'aux pores circulaires des fibres, qui, malgré leur délicatesse, s'étaient conservés avec une netteté parfaite. Cette dernière variété a donc tous les caractères du charbon de bois artificiel; quand on la chauffe dans un vase ouvert, elle brûle rapidement avec une vive incandescence, tandis que la combustion de la variété salifère est fort lente et n'a lieu qu'avec une incandescence peu prononcée.

On voit que ces substances n'ont aucune ressemblance avec les

produits de la calcination de la houille ou du lignite que la pénétration des roches ignées dans ces couches de combustible y a fréquemment formées. La structure ligneuse n'a, en effet, été jamais observée dans ces sortes de coke naturel.

Elles ne paraissent pas non plus pouvoir résulter de la décomposition spontanée de certaines tiges végétales très fibreuses; car si leur origine était une altération analogue à celle qui a transformé les végétaux en houille, au lieu d'avoir la décomposition du charbon de bois, elles auraient à peu près celle de la houille qui les accompagne. Certains combustibles à structure aciculaire paraissent, il est vrai, être dans ce dernier cas : tel est, par exemple, le lignite de Lobsann, où l'on rencontre en abondance de longues fibres rectilignes très fragiles, qui proviennent visiblement de l'altération d'une plante voisine des palmiers. Le tissu cellulaire qui entoure les faisceaux fibreux de cette famille de végétaux a disparu à peu près entièrement, de sorte que ces faisceaux sont maintenant bien plus apparents que dans les tiges vivantes. Mais ces masses sont bien différentes des charbons du pays de Sarrebrück : au lieu d'avoir des contours bien arrêtés, elles forment une transition au lignite; les détails de la structure ligneuse ne sont plus reconnaissables dans ces fibres, dont la cassure compacte est identique avec celle du lignite; elles en ont aussi la composition chimique, de sorte qu'elles ne sont autre chose qu'une variété de *lignite fibreux*.

Au contraire, les fragments de charbon de Sarrebrück rappellent tout-à-fait par leurs contours la forme de menus débris de charbon végétal, substance qui se brise avec bien plus de facilité, et par suite sous une autre forme que le bois. Les pores microscopiques s'y sont conservés, comme il arrive aussi dans certains charbons de bois que l'on obtient journellement, et c'est sans doute parce que les anciens résidus de carbonisation n'ont pas subi de transformation chimique ultérieure que les détails les plus délicats de leur structure ont été nettement conservés jusqu'aujourd'hui. Ainsi, par leurs caractères physiques comme par leur composition, les fragments charbonneux d'Altenkirchen ont la plus grande ressemblance avec du *charbon de bois produit par voie ignée*, tandis qu'ils s'éloignent des houilles et des anthracites par leur proportion de matières volatiles et par leur tissu ligneux, qui est inaltérable par la chaleur.

La proportion de cendres varie dans les deux variétés de charbon, depuis des traces jusqu'à environ 70 p. 100. Il est donc extrêmement probable que les carbonates, bien que très prédominants

dans certains échantillons, ne s'y trouvent qu'à l'état de mélange accidentel. Or, les quatre carbonates sont assez abondants dans la formation houillère de Sarrebrück; le sphérosidélite, sous forme de rognons, y constitue des assises nombreuses, et la chaux carbonatée magnésifère (Braunspath) y a été signalée comme fréquente par M. Steininger (1). C'est donc aux eaux ambiantes que ces charbons paraissent avoir enlevé les sels dont ils sont quelquefois imprégnés. La propriété absorbante de la substance, qui a pu en fixer environ trois fois son poids de sels étrangers sans changer de forme, confirme encore dans la supposition qu'elle n'est autre chose que du charbon produit par la chaleur.

La variété de combustible désignée sous le nom d'*anthracite fibreuse*, de *charbon fossil*, ou, en allemand, *mineralische holtzkohle* (2), qui a été rencontrée dans les terrains houillers de la Saxe, de la Bohême, de la Silésie, de la Thuringe, de l'Angleterre et des environs de Valenciennes, me paraît, d'après la description, se rapprocher beaucoup des charbons du pays de Sarrebrück, et alors elle a probablement une origine semblable: cependant elles ont été ordinairement considérées jusqu'ici comme des résidus de transformation de végétaux fibreux (3). J'ai aussi trouvé de véritables charbons dans les schistes bitumineux de la houillère de Lalaye (Bas-Rhin).

Des échantillons du grès liasique de Hoer, en Scanie, qui sont riches en empreintes de plantes, contiennent aussi des fragments anguleux de charbon noir qui, par l'aspect, par la consistance et par la manière dont il se comporte au feu, est identique avec le charbon de bois. Le résidu de la combustion de ce charbon ne renferme que des traces de sels solubles. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que sa cendre, dont j'ai fait l'examen au microscope, consiste en quartz hyalin sous forme de petits cristaux en forme de prisme hexagonal terminé à chacune de ses extrémités par un pointement hexagonal; ces cristaux sont tout aussi nets que ceux de Saint-Jacques de Compostelle, si connus des minéralogistes. Ainsi, de même que les carbonates de fer, de manganèse, de chaux, de magnésie, ont pénétré les charbons de Sarrebrück, de même les charbons de Hoer ont absorbé une dissolution silicique dont la silice s'est séparée en cristallisant.

(1) Steininger, *Geognostische Beschreibung des Landes zwischen der untern Saar und dem Rhein*, p. 72.

(2) Beudant, *Traité de minéralogie*, t. II, p. 265.

(3) Leonhard, *Naturgeschichte der Erde*, t. II, p. 346.

On possède donc des preuves certaines d'incendies qui auraient carbonisé certains massifs d'arbres des forêts houillères et d'autres époques géologiques. Il serait difficile de préciser la cause de tels incendies, d'après ce qui se passe de nos jours. On peut l'attribuer soit à l'action de la foudre, qui ne se borne pas toujours à déchirer, mais qui carbonise aussi quelquefois les arbres résineux, soit à des éruptions de roches ignées.

Voici un exemple tout récent d'un incendie vraisemblablement analogue à quelques uns de ceux dont il nous reste des traces. Au commencement de juillet 1844, la foudre frappa, près de Saint-Léon (Landes), un vieux pin, qui s'enflamma et communiqua le feu à un *pignadoo* composé de pins d'une vingtaine d'années. L'incendie s'étendit avec une rapidité telle, que, malgré les prompts secours apportés par les populations de cinq ou six communes voisines, il fallut abandonner aux flammes 100 hectares de vieux pins; une large tranchée faite dans ce vieux pignadoo a pu seule arrêter le feu.

M. Pomel dit que l'existence des charbons fibreux au milieu même des houilles les mieux caractérisées n'est pas compatible avec l'idée d'une action ignée qui les aurait ainsi fait passer en vase clos à l'état de charbon de bois semblable à celui que nous préparons, sans agir sur la houille environnante; d'un autre côté, il faudrait supposer de trop grands embrasements pour la quantité souvent considérable des charbons fibreux dans certaines mines. Il croit que c'est un mode particulier de conservation de certaines espèces végétales qui, par leur organisation, ont favorisé surtout la production de ce phénomène. Il s'appuie sur l'existence constante de fibres ponctuées dans ces charbons et sur ce qu'on n'a jamais cité de vaisseaux scalariformes: or, les premiers appartiennent en propre aux conifères dont le bois est assez dur, serré, résineux et peu décomposable par macération. Les autres, au contraire, sont propres aux lycopodiacées, aux sigillariées, calamitées et cycadées, végétaux dont le tissu ligneux est lâche, et qui renferment une grande quantité de tissu cellulaire; ce sont donc des plantes promptement altérables par leur séjour dans l'eau. Or, les recherches botaniques ont démontré que la flore des houillères, à l'exception des fougères, était presque entièrement composée de ces dernières familles; tandis qu'au contraire les conifères

étaient très rares dans ces mêmes terrains , soit à l'état de bois pétrifié, soit à l'état d'empreintes de rameaux avec leurs feuilles. De là la rareté de ces charbons fibreux, qui sont les parties échappées à la macération , mais déjà brisées par un commencement de décomposition. La houille ordinaire est au contraire composée de débris entièrement détruits par la macération , qui auront appartenu aux cycadées et aux fougères. Dans certaines circonstances, les charbons fibreux se sont silicifiés; dans d'autres, le bois est passé à l'état de charbon ordinaire, modification souvent imprimée de nos jours aux tissus ligneux par l'enfouissement dans des circonstances favorables.

M. d'Omalius fait remarquer que ce phénomène est commun dans le Hainaut et le pays de Liège, et M. Virlet dit qu'on l'observe aussi dans les houillères de Saône-et-Loire et de Saint-Étienne; il est rare de trouver dans les premières un gros morceau de charbon sans y rencontrer une ou deux de ces zones charbonneuses intercalées, qui donnent souvent à la masse une structure schistoïde. Il semblerait que les débris charbonneux forment une brèche, comme pourraient le faire les fragments brisés qu'on trouve sur les charbonnières.

M. Pomel dit que le bois actuel qui reste longtemps dans la vase perd son huile.

M. Boubée fait observer que les grands châtaigniers du lac de l'Ours, dans les Pyrénées, sont devenus d'un noir ressemblant à l'ébène.

M. Rozet, dans sa description du bassin du Bas-Boulonnais, a déjà noté du charbon qui ressemblait à de la braise.

Séance du 19 janvier 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

M. le Président annonce quatre présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Dr J. Lavalley, 1^o *Thèse pour le doctorat ès-sciences, soutenue devant la Faculté de Dijon, le 29 décembre 1845, sur l'enveloppe cuticulaire des végétaux ; in-4^o, 27 pag., 2 pl. Dijon, 1845.*

2^o *Autre thèse soutenue le même jour devant la même Faculté, sur le calorique considéré comme agent de métamorphisme dans les roches ; in-8^o, 19 p. Dijon, 1845.*

De la part de M. le duc Maximilien de Leuchtenberg, *Beschreibung, etc.* (Description de quelques nouveaux fossiles du monde primitif du calcaire silurien de Zarskoje-Selo) ; petit in-f^o, 26 p., 2 pl. Saint-Petersbourg, 1843.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1846, 1^{er} sem., t. XXII, n^o 2.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. IV, n^o 22, octobre 1845.

L'Institut, 1846, n^o 628.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} sem., nos 4 et 5.

Le Mémorial encyclopédique, décembre 1845.

The Mining Journal, 1846, n^o 542.

M. de Verneuil, en présentant de la part de l'auteur l'ouvrage ci-dessus indiqué de S. A. I. le duc de Leuchtenberg sur les fossiles des environs de Saint-Petersbourg, entre dans quelques détails sur les espèces nouvelles qui y sont décrites, appuie sur l'importance de quelques unes relativement à l'âge que M. Murchison et lui ont assigné aux dépôts qui les contiennent, et saisit cette occasion pour exprimer sa vive satisfaction de voir un prince si distingué prendre place dans les rangs de la Société géologique et s'associer à ses nobles efforts.

M. le duc de Leuchtenberg sera remercié pour son ouvrage par le Président.

M. le Vice-Secrétaire donne lecture de l'extrait suivant d'une lettre adressée le 7 janvier 1846 à M. le Président par M. Mauduyt, conservateur du Cabinet d'histoire naturelle de Poitiers.

Monsieur le Président,

Au moment où des projets de chemin de fer pour toute la France sont en voie d'exécution, je crois que la Société ferait une chose utile à la science si elle intervenait près de M. le ministre des travaux publics, afin qu'un géologue pris dans son sein fût chargé par lui de suivre les travaux qui vont mettre à nu des formations inconnues ou à peine soupçonnées, de les étudier, tant sous le rapport géologique que dans l'intérêt des arts et de l'agriculture, et d'en recueillir les roches et fossiles, qui seraient collectés en triple, et dont l'une des collections serait ensuite déposée au ministère des travaux publics, une autre à la Société, et la troisième au chef-lieu du département dans lequel elle aurait été formée, accompagnée de tous les renseignements propres à la rendre utile et à la mettre à même d'être facile à étudier.

Compte des recettes et des dépenses exécutées pendant l'année 1845 pour la Société géologique de France, présenté par M. Auguste Viquesnel, trésorier.

RECETTE.

DÉSIGNATION des chapitres de la recette.	Nos des articles.	NATURE DES RECETTES.	RECETTES prévues au budget.	RECETTES effectuées.	Augmentation.	Diminution.
§ 1. Produits ordinaires des réceptions. . .	1	Droits d'entrée.	500 »	780 »	280 »	» »
	2	de l'année courante. .	10,000 »	9,635 »	» »	365 »
§ 2. Produits extraord. des réceptions. . .	3	Cotisations { des années précédentes. .	1,000 »	958 »	» »	42 »
	4	de l'année 1846. . . .	500 »	600 »	100 »	» »
§ 3. Publications. . . .	5	Cotisations une fois payées.	2,400 »	3,600 »	1,200 »	» »
	6	de Bulletins.	400 »	911 »	511 »	» »
§ 4. Rentrées diverses. .	7	Vente { de Mémoires.	400 »	367 »	» »	33 »
	8	de cartes coloriées.	30 »	22 »	» »	8 »
§ 5. Solde du compte précédent.	9	Arrérages des Rentes sur l'Etat. . . .	1,259 »	1,345 »	86 »	» »
	10	Arrérages des Bons du Trésor. . . .	80 »	80 »	» »	» »
	11	Encaissement d'un Bon du Trésor. .	» »	1,000 »	1,000 »	» »
	12	Recettes imprévues.	100 »	201 05	101 05	» »
	13	Remboursement de frais de mandats. .	25 »	59 60	34 60	» »
Totaux.			16,694 »	19,558 65	3,312 65	448 »
Reliquat en caisse au 31 décemb. 1844.			758 25	758 25		
Totaux de la recette et du reliquat en caisse.			17,452 25	20,316 90		

COMPARAISON.

La Recette effectuée s'élève à.....	20,3.6	90
La Recette présumée était de.	17,452	25
L'excédant de la Recette réelle monte à.....	2,864	65

DÉPENSE.

DÉSIGNATION des chapitres de la dépense.	Nos des articles.	NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSES prévues au budget.	DÉPENSES effectuées.	Augmentation.	Diminution.
§ 1. Personnel.	1	Agent { son traitement.	1,800	1,800	»	»
	2		300	300	»	»
	3		300	300	»	»
	4	Garçon de bureau { ses gages.	800	800	20	20
	5		»	100	100	»
§ 2. Frais de logement.	6	Loyer, contributions et assurances..	1,100	1,185	85	05
	7	Chauffage et éclairage.	400	378	85	21 15
§ 3. Frais de bureau.	8	Dépenses diverses	200	349	149	»
	9	Ports de lettres.	450	426	50	23 50
	10	Impressions, lithographies, avis et circulaires.	200	439	40	239 40
§ 4. Encaissements.	11	Change et retour de mandats	300	163	85	136 15
§ 5. Matériel.	12	Mobilier.	100	68	30	31 70
	13	Bibliothèque.	400	358	45	41 55
	14	Collections.	100	7	60	92 40
§ 6. Publications.	15	Bulletin { impression, planches, papier, etc.	5,500	6,467	35	967 35
	16		1,200	1,212	55	12 55
	17	Mémoires { achat d'exemplaires.	»	111	»	111
	18		»	»	»	»
§ 7. Placement de capitaux	19	supplémentaires.	1,400	1,170	»	230
	20	menus frais.	50	41	70	8 30
	21	Achats de rentes sur l'État.	2,400	3,509	60	1,169 00
§ 8. Dépenses imprév..	22	Achat de Bons du Trésor.	200	»	»	200
		Avances de fonds remboursées.	100	108	25	8 25
			17,300	19,358	65	2,843 40
						784 75

COMPARAISON.

La Dépense effectuée s'élève à.....	19,358	65
La Dépense présumée était de.....	17,300	»
L'excédant de la Dépense réelle monte à.	2,058	65

RÉSULTAT GÉNÉRAL ET SITUATION AU 31 DÉCEMBRE 1845.

La Recette totale étant de.....	20,316	90
Et la Dépense totale de.....	19,358	65
Il reste en caisse audit jour.....	958	25

MOUVEMENT DES COTISATIONS UNE FOIS PAYÉES ET DES PLACEMENTS DE CAPITAUX.

		NOMBRE DES COTISATIONS.	VALEURS.	
			fr.	c.
Recette {	antérieurement à 1845...	56	16,800	»
	pendant l'année 1845.....	12	5,600	»
Totalx.....		68	20,400	»
Legs Robertson.....			12,600	»
Total des capitaux encaissés.....			33,000	»
PLACEMENTS EN ACHAT DE RENTES 5 o/o.				
1,259 fr. de rentes achetées antérieurement à 1845		fr. c.		
		29,432	50	} 33,002 10
148 fr. de rentes achetées pendant l'année 1845.....		3,569	60	
1,407 fr. de rentes. — Excédant de la dépense sur la recette.....				2 10

MOUVEMENT DES ENTRÉES ET DES SORTIES DES MEMBRES.

Au 31 août 1844, les membres maintenus sur les listes officielles comme devant contribuer aux dépenses de 1844 s'élevaient au nombre de 434

Les réceptions, de septembre 1844 à septembre 1845, sont montées à 69 }
A déduire : les décès, démissions et radiations. . 32 } 37

Total des membres qui contribuent aux dépenses de 1845. 474

De septembre dernier au 31 décembre 1845, les réceptions montent à 20 }
Les décès et les démissions de membres qui ont payé la cotisation de 1845 montent à 46 } 4

Total des membres maintenus sur les listes au 31 décembre 1845. 475

Ainsi l'accroissement du nombre des membres, de septembre 1844 au 31 décembre 1845, est de 41

M. Clément Mullet lit le rapport suivant :

Rapport sur la gestion du Trésorier pendant l'année 1845.

Organe de la Commission chargée de vérifier les comptes de notre trésorier pendant l'année 1845, je vais avoir l'honneur de vous présenter le résultat de son examen.

RECETTES.

Art. 1^{er}. Droits d'entrée 780 fr.; ils présentent une augmentation de 280 fr. sur les prévisions. Cette augmentation est amenée par le grand nombre des réceptions faites en 1844 et 1845.

Cotisations. Cet objet, qui se subdivise en trois articles, était prévu au budget pour 11,500 fr. Il a éprouvé un affaiblissement de 307 fr.; d'abord par le retard dans l'envoi de cotisations qui ont été payées pendant le cours de janvier 1846; en second lieu par le rachat de cotisations annuelles, qui, au lieu de s'arrêter au nombre de huit, comme on l'avait prévu au budget, s'est élevé à douze; il en résulte nécessairement une diminution dans les cotisations annuelles.

Art. 5. Cotisations une fois payées. Cet article, prévu pour 2,400 fr., s'est accru de 1,200 fr. pour les causes qui viennent d'être énoncées.

Art. 6. Vente de Bulletins; augmentation 511 fr., causée par la quantité jusqu'alors inusitée de dix-huit abonnements; ce qui prouve, messieurs, les progrès de la science, et combien nos publications sont appréciées.

Art. 7. Nous lisons que les recettes effectuées par la vente de Mémoires s'élèvent à 367 fr., ce qui établit une différence en moins de 33 fr. Voilà qui est bien vrai pour la comptabilité et le mouvement des fonds; mais en réalité la vente de Mémoires s'est élevée à 509 fr. 50 cent., sur lesquels ont été reçus 367 fr., de telle sorte qu'il est encore dû 142 fr. 50 cent., dont le remboursement est certain et infaillible. Il serait à désirer que, pour éviter à la Société une avance de fonds dont le recouvrement éprouve toujours quelque difficulté, et pour simplifier la marche de la comptabilité, les membres

de la Société qui veulent se procurer les Mémoires les fissent prendre à la Société par l'intermédiaire d'un libraire chargé d'en acquitter la valeur, conformément aux décisions du Conseil ; ils pourraient même y trouver l'avantage d'un envoi plus prompt. On y gagnerait des deux côtés.

Art. 8. Les ventes de cartes coloriées offrent trop peu d'intérêt pour nous y arrêter.

Art. 9. Les arrérages de rentes sur l'État éprouvent une augmentation qui est toujours la conséquence de l'accroissement du nombre des membres à vie ; nous y reviendrons en parlant de l'achat de rentes sur l'État.

Art. 10. Le placement de 3,000 fr. *en bons du Trésor* a produit un intérêt de 80 fr.

Art. 11. Encaissement d'un bon du Trésor. Cet article a pour objet le remboursement d'une somme de 1,000 fr. que le trésorier a été forcé de retirer sur les 3,000 fr. mis en réserve, pour faire face aux dépenses que nécessitera le compte-rendu, par M. d'Archiac, des progrès de la géologie. Les frais relatifs aux publications ont dépassé les évaluations du budget, comme nous le verrons plus bas ; mais cette augmentation de dépense a été couverte sans difficulté, grâce à la sage prévoyance de notre trésorier.

Art. 12. Recettes imprévues. Se composent du remboursement d'avances faites par la Société en 1844, pour port de divers ouvrages, et dans lesquelles elle est rentrée.

Art. 13. Le remboursement de frais de mandats a éprouvé une augmentation de 34 fr. 60 cent., sur laquelle nous reviendrons à l'art. 11 de la dépense.

En résumé, les augmentations importantes de la recette portent sur les droits d'entrée, les cotisations de membres à vie, la vente de Bulletins et les recettes imprévues. Les diminutions importantes regardent les cotisations annuelles. L'excédant de la recette sur les sommes admises au budget des recettes s'élève à 2,864 fr. 65 c.

Si nous déduisons les 1,000 fr. provenant du remboursement fait aux dépens du fonds de réserve, l'excédant réel sera de 1,864 fr. 65 c.

DÉPENSES.

Les articles 1, 2, 3, 4, 5, ayant pour objet le traitement de l'agent, les travaux auxiliaires, le garçon de bureau, etc., ne sont susceptibles d'aucune observation.

Nous passerions aussi sous silence l'art. 6, qui regarde le loyer, si ce n'était pour dire que le bail de notre appartement a été renouvelé pour neuf années, avec une augmentation qui a commencé à se faire sentir cette année.

Art. 7. Chauffage et éclairage. Il présente un chiffre encore assez élevé à cause de la rigueur de l'hiver de 1845 : cependant il présente une diminution, faible il est vrai, mais réelle.

Art. 8. Les dépenses diverses, prévues pour 200 fr., présentent l'augmentation, énorme relativement, de 149 fr. Vous ne critiquerez pas les dépenses qui en sont l'objet, quand vous saurez qu'elles portent sur l'achat de diverses parties du mobilier, telles que portefeuille pour le garçon de bureau, timbre sec, timbre humide, registres et autres dépenses diverses indispensables qui ne se renouvelleront pas de longtemps.

Art. 9. Ports de lettres. Présentent une diminution de 23 fr. 50 cent. sur les prévisions du budget ; mais l'article ne s'élève pas moins à la somme énorme de 426 fr. 50 cent. Il doit à l'avenir présenter un chiffre bien moins élevé, grâce à la mesure que vient d'adopter le conseil, et qui consiste à laisser partir sans affranchissement les lettres d'avis des nominations et les diplômes. Il serait encore à désirer, dans l'intérêt de nos finances, que ceux des membres qui correspondent avec la Société voulussent bien affranchir leurs lettres ; ce serait pour eux une faible charge, mais qui, en se multipliant, devient onéreuse pour la Société, et la prive de ressources qu'elle emploierait utilement à ses publications.

Art. 10. Impressions, lithographies, avis, circulaires, etc. Cet article, prévu pour 200 fr., s'élève à 439 fr. 40 cent. ; augmentation, 239 fr. 40 cent. Un mot d'explication là-dessus est nécessaire. La multiplicité de la correspondance financière, qui va toujours croissant, entraînait le trésorier dans des écritures très multipliées auxquelles il avait peine à suffire ; dans le but de simplifier son travail et d'accélérer la correspondance,

il a fait imprimer deux séries de circulaires qui ont grossi la dépense ; mais leur utilité justifie l'opération.

Art. 11. Change et retour de mandats. Cet article, prévu pour une somme de 300 fr., s'est abaissé à 163 fr. 85 cent. ; bénéfice, 136 fr. 15 cent., par suite de la mesure, qu'on peut appeler heureuse, adoptée par notre trésorier. Cette mesure consiste à obtenir que divers membres veuillent bien se charger de l'encaissement des mandats ou de la perception des cotisations, soit dans les villes qu'ils habitent, soit même dans les villes voisines. On comprend combien par là les opérations doivent être simplifiées, et combien aussi les frais doivent être diminués, car ils se réduisent aux simples frais de correspondance. L'économie se trouve encore augmentée de 59 f. 60 c. obtenue pour remboursement de frais de mandats, comme on le voit à l'art. 13 de la recette, de sorte que la dépense réelle s'élève seulement à 104 fr. 25 cent. Ce qui relève encore le mérite de cette économie, c'est qu'elle a eu lieu malgré l'accroissement du nombre des membres de la Société, surtout à l'étranger.

Art. 12, 13, 14. Mobilier, bibliothèque et collections. Les sommes prévues pour ces trois articles formaient un total de 600 fr. La dépense effectuée s'élève à 434 fr. 35 cent. ; diminution, 165 fr. 65 cent. Sur cette somme, 92 fr. 40 cent. sont applicables aux collections et 41 fr. 55 cent. à la bibliothèque. Cette économie a été faite, afin qu'on pût la reporter au crédit du Bulletin, et faire brocher les feuilles de la première série.

Art. 15. Impression du Bulletin. Nous voyons cet article grossi de 967 fr. 35 cent. L'explication de cette augmentation se trouve dans le développement extraordinaire du procès-verbal de la réunion de Chambéry, une des plus solennelles et des plus remarquables que nous ayons eues.

Une autre cause d'augmentation, est le brochage des tomes I à XIII de la première série, s'élevant à la quantité de sept cent cinq volumes, opération que nous avons indiquée en parlant de la bibliothèque.

Le perfectionnement et la multiplicité des planches a aussi causé un surcroît considérable de dépense qu'il faudra éviter à l'avenir.

Art. 16. L'affranchissement du Bulletin n'a éprouvé qu'une augmentation trop faible pour que nous puissions nous y arrêter.

Art. 17. L'achat de Mémoires figure pour une somme de 111 fr. ; mais ce n'est qu'une avance de fonds , dans laquelle rentrera la Société, qui ne fait ici qu'un acte d'obligeance. Ici nous répéterons le vœu que nous avons émis plus haut , que les membres qui désirent acheter les Mémoires aient soin d'en acquitter la valeur au comptant , conformément aux décisions du Conseil.

Art. 18. Indemnités relatives aux Mémoires. Cet article comprend 1,170 fr. faisant le solde de l'indemnité allouée par le Conseil en 1842 à l'éditeur de nos Mémoires , qui n'a réclamé que vers la fin de 1844 son solde , qu'il n'a reçu qu'en 1845.

Art. 19. Menus frais relatifs aux Mémoires ; cet article de 41 fr. 70 cent. est sans importance.

Art. 20. Les achats de rentes sur l'État , prévus pour 2,400 fr. , s'élèvent à 3,569 fr. 60 c. par suite du rachat de douze cotisations , au lieu de huit qui avaient été prévues au budget. Cet accroissement est notable et témoigne de la prospérité de notre Société.

Art. 21. Achats de bons du Trésor. Cet article , prévu pour 200 fr. , n'a pu se réaliser par le motif que nous avons signalé plus haut de dépenses extraordinaires amenées par le développement inusité du procès-verbal de la réunion de Chambéry et par la multiplicité des planches.

Art. 22. Les dépenses imprévues comprenant des avances de fonds faites par la Société , et dans lesquelles elle est rentrée pour la plus grande partie , comme on peut le voir à l'art. 12 de la recette.

En résumé , les augmentations importantes de la dépense pèsent sur le Bulletin et sur l'achat de rentes sur l'État. Les diminutions importantes s'appliquent à l'encaissement des mandats , aux indemnités relatives aux Mémoires et aux achats de bons du Trésor. L'excédant de dépenses sur les sommes admises au budget des dépenses s'élève à 2,058 fr. 65 cent.

BALANCE OU RÉSULTAT DÉFINITIF.

La recette totale s'est élevée en 1845 à . .	20,316 f. 90 c.
La dépense à	19,358 f. 65 c.
Différence ou solde en caisse au 1 ^{er} janvier	958 f. 25 c.

Ainsi, messieurs, l'état financier actif de la Société se compose : 1^o de 1,407 fr. de rentes sur l'État, 5 p. $\frac{5}{100}$, achetées à différents cours et formant un capital de 33,002 f. 10 c.
 2^o de 2,000 fr. placés en un bon du Trésor 2,000 f.

Total, non compris le mobilier, la bibliothèque et les collections 35,002 f. 10 c.

Le nombre des membres est de 475. Ce nombre est devenu rigoureusement exact par suite du travail statistique auquel s'est livré notre trésorier, et la mesure prise récemment par le conseil contre les membres retardataires. Les communications, les mémoires et les travaux scientifiques deviennent chaque année plus abondants. Livrons-nous donc à la confiance que la Société géologique de France, bien dirigée et sagement administrée, contribuera de plus en plus aux progrès et à la diffusion des sciences géologiques, noble but que se sont proposé ses fondateurs en l'instituant.

La commission vous propose donc, messieurs, d'approuver purement et simplement les comptes de votre trésorier sortant, de le déclarer quitte et déchargé de la responsabilité de sa gestion, sauf la justification de la remise de l'encaisse à son successeur.

La Commission vous propose aussi, messieurs, de voter à M. Viquesnel, trésorier sortant, des remerciements à raison de sa bonne gestion, et de l'ordre constant qu'il a su maintenir dans le maniement de nos finances.

WALFERDIN, G. DELAFOSSE.

J.-J. CLÉMENT-MULLET, rapporteur.

Le Secrétaire donne lecture de la communication suivante de M. Daubrée :

Notice sur une zone d'amas ferrugineux placés le long de failles à la jonction du grès des Vosges et du muschelkalk, dans le Bas-Rhin, par M. A. Daubrée.

Les couches horizontales de grès qui constituent la région septentrionale de la chaîne des Vosges sont coupées vers la plaine du Rhin par une faille à laquelle est ordinairement adossé le trias, et quelquefois le terrain jurassique. Cette falaise orientale de la chaîne des Vosges, rectiligne sur une partie de son étendue, subit une inflexion remarquable entre Niederbronn et Wissembourg. Le plateau élevé de grès des Vosges est profondément échancré suivant une sorte de golfe qui est la vallée de Lembach. Une crête du même grès, de 15 kilomètres de longueur, désignée quelquefois sous le nom de *crête du Liebfrauenberg* ou du *Pigeonnier*, ferme le golfe vers le S.-E. La forme initiale du soulèvement du grès vosgien se dessine ici d'une manière non moins tranchée que dans les parties rectilignes, parce que les dépôts triasiques et tertiaires qui y sont adossés occupent un niveau moins élevé de 100 mètres que le grès.

C'est autour de ce promontoire du Liebfrauenberg qu'est placée une zone de dépôts de minerai de fer peu importants pour l'exploitation, mais dont les caractères géognostiques présentent de l'intérêt pour la théorie des gîtes métallifères. Le diluvium qui les recouvre presque exclusivement en rend l'examen difficile; telle est sans doute la raison pour laquelle leur position remarquable n'a pas encore fixé l'attention.

Les amas dont il est question sont groupés autour de la proéminence du Liebfrauenberg comme une ceinture dont la forme se rapproche d'une parabole très allongée, et qui est à peu près continue sur un développement de 18 kilomètres.

La composition et la manière d'être des dépôts ne sont pas conformes dans toute cette étendue.

1° Dans la branche comprise dans la vallée de Lembach, entre la ferme de Pfaffenbronn et Kuhbrücke, sur près de 6 kilomètres de longueur, les dolomies supérieures du muschelkalk supportent une argile jaune ou brun foncé, dans laquelle sont disséminés des rognons de minerai de fer d'une dimension variable. Le minerai consiste en oxyde de fer hydraté, habituellement très caverneux,

mélangé de beaucoup de quartz cristallin ; la dernière substance constitue aussi de gros rognons blancs à texture saccharoïde, dont toutes les cavités sont tapissées de cristaux. Des enduits très minces de couleur verdâtre qui sont déposés à la surface de l'hématite m'ont paru consister en fer phosphaté. Tout le minerai du vallon de Lembach ressemble, à s'y méprendre, par ses caractères extérieurs, à certaines variétés aussi très siliceuses du minerai de Saint-Pancré et d'Aumetz (Moselle), lequel repose sur l'oolite jurassique. Ce dernier est aussi engagé dans une argile jaune semblable à celle de Pfaffenbronn.

Le gîte est aplati parallèlement à la stratification du muschelkalk, et va en s'amincissant à mesure qu'il s'éloigne de la faille. Sa longueur, comptée à partir du grès des Vosges, n'excède pas 1,800 mètres. Les dolomies qui forment le mur de cet amas sont elles-mêmes traversées par des veines de quartz hyalin et de spath calcaire.

L'exploitation d'une partie de ce dépôt a alimenté, il y a plus d'un siècle, une usine qui était située sur le ruisseau dit Schmeltzbaechel, à l'endroit connu encore sous le nom de *Schmeltze*, à 300 mètres au-dessous de la tuilerie de Lembach. La mine principale était située dans la forêt de Lembach, à 1 kilomètre environ au sud de la tuilerie, et à 1,500 mètres environ de la nouvelle ferme de Pfaffenbronn. Plus tard MM. de Dietrich ont tenté d'exploiter non loin de là la mine de Kuhbrücke, mais tous ces minerais étaient trop phosphoreux pour être fondus. Celui de Kuhbrücke contient en outre une quantité très notable d'arsenic.

2° Au pied du Liebfrauenberg, c'est-à-dire au sommet de la parabole en question, l'amas métallifère est tout autre que ceux dont il forme la prolongation. C'est un gîte aplati de fer pyriteux et de fer arsenical que l'on a autrefois exploité pour la fabrication du vitriol et de l'alun. Ces sulfures, d'après de Dietrich (1), formaient une couche peu étendue, de 0^m,30 à 3 mètres d'épaisseur, plongeant vers le S.-E. Elle a été suivie sur une largeur de 70 mètres. Le fer pyriteux et le fer arsenical étaient disséminés dans une argile grise qui, d'après ce que l'on peut encore constater sur les lieux, reposait immédiatement sur le muschelkalk ; une brèche de fragments de cette dernière roche sert d'intermédiaire.

3° Dans les vignes situées à 200 mètres du nord de Goersdorf,

(1) De Dietrich, *Description de gîtes de minerai de la haute et de la basse Alsace*, p. 326.

la relation du dépôt ferrugineux avec le muschelkalk inférieur se montre bien à nu.

Le muschelkalk est en couches contournées qui plongent moyennement de 20 centimètres vers le S.-S.-E. Sur les tranches de ces couches, qui sont nettement découpées, repose une masse d'hydroxyde de fer associée à de l'argile bariolée de jaune et de blanc; de petits cristaux de baryte sulfatée sont mélangés en grand nombre à l'oxyde de fer. Le minerai de fer pénètre dans ce calcaire sous-jacent jusqu'à plus d'un mètre de profondeur, sous forme de veinules très déliées qui sont soudées de la manière la plus intime à la roche, de telle sorte qu'il est facile de détacher des échantillons de petite dimension présentant un passage du calcaire ordinaire à l'oxyde de fer pur. Le calcaire du mur contient dans ses fissures et dans ses cavités de nombreux cristaux métastatiques de chaux carbonatée. Des blocs de muschelkalk de diverses grosseurs sont empâtés dans l'argile à minerai.

La surface du calcaire en contact avec le minerai est échancrée suivant des formes sinueuses dont la vue rappelle immédiatement une corrosion, de même que les parois de beaucoup de cavernes des terrains calcaires. Ce même calcaire du mur du gîte est recouvert, sur 1 à 3 millimètres d'épaisseur, par une croûte blanche faisant à peine effervescence avec les acides, composée d'argile, de sable fin et d'un peu de carbonate de chaux, qui est identique avec le résidu que l'on obtient en traitant ce calcaire par un acide étendu d'eau : du bitume, de la nature de celui qui est mélangé à la roche, forme des pellicules superficielles dans les fissures du calcaire, comme s'il était aussi un résidu de la dissolution de la roche. Ainsi l'amas paraît résulter d'une précipitation par voie humide faite à la surface du calcaire du muschelkalk; cette dernière roche a été à la fois corrodée et imbibée par la dissolution où s'est fait le précipité.

Ce qui confirme encore dans cette supposition que le calcaire a été dissous par l'eau-mère dans laquelle se sont précipités le minerai de fer et la baryte sulfatée, ce sont les nombreuses empreintes d'*Encrinites moniliformis* et de coquilles du muschelkalk qui sont disséminées dans le minerai, là où l'oxyde de fer ne renferme plus de traces de chaux carbonatée; la substitution complète du minerai au calcaire s'est faite sans que les empreintes aient aucunement perdu de la netteté de leurs formes. Ces *épigénies ferrugineuses* paraissent se prolonger sur le diluvium, au-delà de Goersdorf, dans les communes de Mitschdorf et de Preusdorf.

4° On exploite dans la commune de Lampertsloch, à 1,500 mè-

tres à l'O. de la mine de bitume de Lobsann, et à la même distance vers le N. des mines de pétrole de Bechelbronn, un gîte de fer qui, quoique faisant suite au précédent, en diffère beaucoup. Il consiste en fer hydroxydé mélangé de fer oxydé rouge compacte, qui forme des lits peu épais au milieu d'argiles jaunes, rouges, ou d'un brun noirâtre ; trois couches de minerai alternent avec des argiles (1), et la plus inférieure, qui est à 26 mètres de profondeur, repose sur une brèche calcaire dont l'épaisseur dépasse 3 mètres ; cette brèche est formée de fragments de calcaire gris du muschelkalk limité par des veines de spath calcaire. Du bitume est très fréquemment disséminé dans les interstices des fragments. Ce minerai est en rognons informes, quelquefois géodiques, qui ont la plus grande ressemblance avec l'hématite brune des filons des Vosges ; du fer carbonaté leur est aussi mélangé.

On trouve dans le minerai des masses siliceuses grises contenant une multitude d'empreintes de bivalves de 3 à 4 centimètres de longueur, qui, selon toute apparence, appartiennent à des *Avicula socialis* et à des *Nucula*. Cette silicification du muschelkalk, sur lequel s'est épanché le minerai de fer à Lampertsloch, est toute différente de la modification que la même roche a éprouvée à Goersdorf ; c'est d'ailleurs un accident fort analogue à ces imbibitions siliceuses des arkoses du centre de la France.

Le gîte de Lampertsloch s'étend au moins jusqu'à 400 mètres de la montagne ; il est recouvert dans toute son étendue par les sables diluviens.

Il y a symétrie dans la situation des dépôts de Lampertsloch et de Pfaffenbronn, par rapport à la crête du Liebfrauenberg, à laquelle ils sont tous deux adossés. A 1,800 mètres au N. du gîte de Lampertsloch est un réseau de veines de baryte sulfatée.

5° Enfin, en fouillant les amas et sables diluviens des communes de Drachenbronn, Birlenbach et Clébourg, on trouve du minerai de fer qui très probablement provient du prolongement des dépôts dont nous venons de nous occuper.

Comme les argiles auxquelles sont subordonnés ces amas de

(1) Un puits a traversé la succession suivante :

Argile,	épaisseur	12	mètres.
Minerai,	—	4	—
Argile,	—	1	—
Minerai,	—	3	—
Argile,	—	10	—
Minerai,	—	4	—

mineral sont dépourvues de fossiles, on ne peut préciser positivement leur âge; il est certain qu'elles sont postérieures au muschelkalk qui les supporte; d'après la manière transgressive dont les lits d'argile à mineral sont superposés aux couches redressées et corrodées de cette formation à Goersdorf, on doit même croire que ce dernier terrain était disloqué quand le dépôt ferrugineux a eu lieu. Enfin le voisinage du gîte de Lampertsloch et des couches bitumineuses de Bechelbronn et de Lobsann fait supposer que ces deux accidents géognostiques, de nature très différente, appartiennent aux terrains tertiaires. Malheureusement le diluvium qui recouvre le tout empêche d'en constater la continuité. Ce qui est certain, c'est que les poudingues grossiers, qui sont superposés à la molasse à Mitschdorf, Gunstett et Forstheim, renferment des fragments roulés de mineral de fer identique avec celui de Lampertsloch; ils sont, par conséquent, postérieurs à la formation du mineral de fer.

La relation des dépôts ferrugineux avec les lignes de dislocation du sol est clairement exprimée par les faits qui viennent d'être décrits. Les failles droites et infléchies qui terminent le segment montagneux du Liebfrauenberg ont servi de passage aux émanations métallifères.

Cependant il est à remarquer que la sortie du mineral de fer n'a eu lieu que longtemps après l'ouverture des failles; car, comme on vient de le voir, les gîtes sont sans aucun doute postérieurs au trias, et probablement de l'époque tertiaire, tandis que les failles dont ces amas formaient le couronnement, de même que celles qui limitent les Vosges, sont immédiatement postérieures au dépôt du grès bigarré, ainsi que M. Élie de Beaumont l'a prouvé depuis longtemps (1). Cette accumulation de gîtes autour du promontoire du Liebfrauenberg rappelle la disposition des amas de Framont intercalés à la limite du porphyre et du terrain de transition, quoique ces derniers en diffèrent beaucoup, tant par la composition que par la nature des roches encaissantes.

Bien que la situation géologique de ces amas ferrugineux soit la même, et qu'ils forment une zone unique à peine interrompue, ils présentent dans leur composition minéralogique des différences notables, à part l'argile qui forme la gangue dominante de tous et la présence du phosphore et de l'arsenic dans une partie d'entre eux. Ainsi les dépôts de la branche N.-O. de la parabole (ceux de Pfaffenbronn, de Schmeltze et de Kuhbrücke), consistent es-

(1) *Annales des mines*, 2^e série, t. I, p. 405, 1827.

sentiellement en hydroxyde de fer mélangé de beaucoup de quartz. Au sommet de la courbe, on trouve le fer pyriteux et le fer arsenical associés à une gangue quartzeuse. Enfin, sur la branche parabolique S.-E., le quartz est rare ou manque complètement. A Goersdorf, on trouve la baryte sulfatée, que je n'ai pas rencontrée ailleurs, si ce n'est dans le grès des Vosges du voisinage; le fer oxydé rouge et le fer carbonaté spathique ne se trouvent qu'à Lampertsloch. Ces variations sont du même ordre que celles que l'on observe fréquemment dans un même système de filons contemporains : telles sont entre autres celles signalées par M. A. Burret au Hartz. Elles sont encore plus frappantes dans les gîtes de Framont.

Après cette lecture le Secrétaire annonce qu'il vient de recevoir les procès-verbaux de la séance extraordinaire d'Avallon. Ces procès-verbaux sont renvoyés à la Commission du *Bulletin*.

M. Rozet fait une communication sur les résultats sélénologiques auxquels il a été conduit par l'étude de la portion visible du globe lunaire; il remettra plus tard une note pour le *Bulletin*, lorsqu'il aura vérifié quelques points que des circonstances particulières ne lui ont pas encore permis de bien constater.

Cette communication donne lieu à quelques observations de MM. d'Omalus d'Halloy et Pomel, qui seront insérées avec la note de M. Rozet.

Le Secrétaire donne lecture de la communication suivante de M. Achille Delesse, *sur un hydrosilicate d'alumine et de potasse d'une composition nouvelle*.

Dans la plupart des collections de minéralogie, on trouve du disthène de Pontivy, qui est cristallisé en gros prismes bleu de ciel, ayant souvent plus d'un décimètre de longueur et environ un centimètre de largeur; les intervalles laissés entre les cristaux de disthène sont remplis par une substance blanche, nacrée et lamelleuse, qui s'engage dans les faces clivables des prismes de disthène, de telle sorte qu'il serait quelquefois très difficile de préciser quelle est la limite des deux minéraux.

Comme cette substance ne ressemble à aucune autre décrite jusqu'à présent, j'ai fait l'étude de ses propriétés physiques et chimiques.

Elle se présente en lamelles cristallines qui sont ordinairement

disposées en rayonnant autour d'un centre; elle occupe les interstices laissés par les cristaux de disthène, et tantôt elle se fond intimement avec ces cristaux, principalement suivant la face du prisme qui présente le clivage le plus facile; tantôt, au contraire, elle se termine d'une manière nette; alors les parties qui sont au contact du disthène se sont moulées sur lui avec une exactitude parfaite, elles reproduisent toutes les stries et tous les indices du clivage que présentent ses faces; dans ce dernier cas aussi le disthène et la substance sont quelquefois séparés par une petite couche jaunâtre d'oxyde de fer qui provient évidemment d'une décomposition récente du disthène ou des roches au milieu desquelles il se trouve.

En fragments, la substance est blanc-jaunâtre, fortement translucide; elle se laisse couper au couteau: elle est formée par l'agglomération d'une multitude de petites lamelles qui indiquent une structure radiée; ces lamelles sont parfaitement transparentes, mais on ne peut y distinguer de forme cristalline.

Elle a peu de *cohésion*, mais il est très difficile cependant de la réduire en poudre fine; pulvérisée, elle présente des paillettes d'un blanc d'argent éclatant, avec les reflets de la nacre de perle; elle est douce au toucher, sans être onctueuse comme le talc.

Sa *dureté* est plus grande que celle du talc, car elle le raie; mais elle est moindre que celle de la chaux fluatée.

Sa densité, prise avec soin, en opérant sur de la matière bien pure, et en faisant dégager l'air sous la machine pneumatique, a été trouvée de 2,792.

En opérant sur des parties moins pures, on a obtenu des nombres qui variaient entre 2,74 et 2,82.

Dans le tube fermé, la substance, chauffée préalablement à 100°, donne de l'eau; desséchée sur l'acide sulfurique et dans le vide, elle ne perd que quelques millièmes de son poids, et elle retient toujours son eau; cette eau est donc bien à l'état de combinaison. Sur le platine elle se gonfle et devient d'un blanc de lait.

Chauffée plus fortement, elle s'agglutine, puis elle fond, mais difficilement, en un émail blanc; elle est phosphorescente et répand une lumière éclatante.

Avec le *nitrate de cobalt*, elle prend une couleur bleue assez pure, quand elle est chauffée fortement.

Avec le *borax*, elle se dissout facilement et d'une manière complète; on a une faible coloration due au fer.

Avec le *sel de phosphore*, on a une perle cristalline incolore; la dissolution est bien complète, et il ne reste pas de squelette de silice.

Avec le *carbonate de soude*, la matière est attaquée avec effervescence; on a des squelettes d'alumine qui tournoient dans la perle sans qu'il soit possible de les dissoudre par l'addition d'une nouvelle quantité de soude.

Sur la feuille de platine on reconnaît qu'il n'y a pas de manganèse.

La substance est inattaquable par l'acide hydrochlorique ou par l'eau régale; mais quand elle a été porphyrisée avec soin, en la faisant bouillir avec de l'acide sulfurique concentré, on peut la décomposer d'une manière complète; la silice reste à l'état grenu et conserve la forme qu'avaient les paillettes. Après calcination, elle n'est plus attaquable par les acides.

L'analyse qualitative de la substance a appris qu'elle contient de la silice, de l'alumine, un peu de fer et de manganèse qui ne paraissent pas à l'état de combinaison, de la potasse et de l'eau; on n'y a pas reconnu de soude, ce qu'il était bon de constater, car le plus souvent les deux alcalis sont réunis dans les mêmes minéraux. Comme elle présente certains caractères du mica, on y a recherché le fluor, mais on n'en a pas trouvé.

Dans le dosage de l'eau on a reconnu que la substance a besoin d'être chauffée assez fortement pour perdre toute son eau; quand elle n'en a perdu qu'une partie, si on la met de nouveau pendant quelques jours en digestion dans de l'eau, puis qu'on la laisse sécher à l'air libre, on trouve qu'elle a repris ce qui lui manquait; elle a exactement la quantité d'eau qui entre dans sa composition.

Il n'en est pas de même quand, au lieu de la chauffer seulement au rouge sombre, on lui donne un coup de feu: elle a perdu toute son eau et elle ne la reprend plus.

Ce fait de la régénération du minéral, lorsqu'on le met dans l'eau après une légère calcination, est assez important; il démontre d'abord très bien que l'eau y entre en proportion définie, et qu'elle constitue un composé ayant une assez grande stabilité. En outre, au point de vue géologique, il fait voir qu'il serait possible que des substances minérales, ayant éprouvé l'action du feu, ou peut-être même ayant été formées par voie ignée, prissent de l'eau de combinaison postérieurement à leur formation.

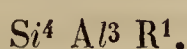
Pour l'analyse quantitative, on a opéré d'abord sur 2^g qui ont été attaqués par le carbonate de soude; puis sur 1^g,5 qui a été décomposé par le nitrate de baryte au creuset d'argent. On a obtenu ainsi les résultats qui suivent:

	Carbonate de soude.	Nitrate de baryte.	Moyenne des 2 analyses.	Oxygène.	Rapports.
Silice.	44,95	45,48	45,22	23,49	12
Alumine	57,50	58,20	57,85	17,68	9
Oxyde de fer et de manganèse.	traces.	»	»	»	»
Potasse	»	11,20	11,20	1,90	1
Eau.	5,26	5,24	5,25	4,66	2
	100,12		99,52		

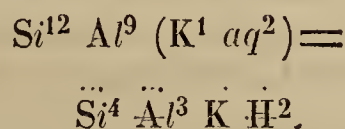
Les analyses qui précèdent font voir que la composition de la substance est soumise à des lois très simples.

D'abord la quantité d'oxygène de la silice est égale à celle de toutes les bases, en y comprenant l'eau.

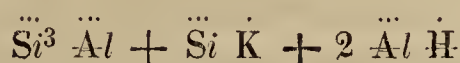
Si l'on représente par 1 l'oxygène des bases à un atome, celui de l'alumine sera représenté par 3, et celui de la silice par 4, ce qui donne pour formule minéralogique générale :



De plus, comme l'oxygène de la potasse est à celui de l'eau dans le rapport de 1 à 2, la formule qui conviendrait à la substance est :



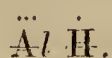
Si l'on groupe les éléments de la manière suivante :



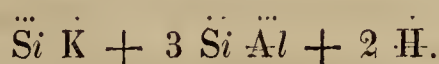
le minéral pourrait être considéré comme une combinaison d'un atome de feldspath orthose,



avec un atome de diaspore :

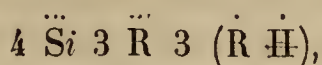


Ou bien, en laissant toute l'alumine combinée avec la silice, on aurait :



Par conséquent la substance que nous venons d'étudier est une combinaison d'un atome de silicate neutre de potasse avec 3 atomes de silicate tribasique d'alumine et avec 2 atomes d'eau.

peu plus grand que la somme de l'oxygène des bases ; pour l'autre il est plus petit ; enfin il a moins d'alumine : toutefois, en admettant qu'il doive y avoir égalité entre les deux quantités d'oxygène mentionnées ci-dessus ; en admettant de plus, pour la nacrite de Tennant, qu'une portion de l'oxyde de fer est à l'état de peroxyde, tandis que l'autre est à l'état de protoxyde, on obtiendra le rapport de 1 à 3 entre l'oxygène des bases à un atome et celui des bases à trois atomes, et on devra regarder les rapports entre les quantités d'oxygène comme égaux respectivement aux nombres :: 4 : 3 : 1. La formule de la nacrite serait donc :



et cette formule comprend celle que nous avons trouvée.

Nous observerons cependant que ce rapprochement, basé sur quelque similitude dans les caractères physiques et sur les analyses que nous venons de mentionner, ne doit pas être considéré comme définitif ; ce n'est qu'une indication qui a besoin d'être vérifiée par de nouvelles analyses de la nacrite d'Amérique, et en tout cas les deux minéraux appartiendraient seulement à la même famille.

La substance que nous avons analysée, renfermant 11 p. 100 de potasse, tandis qu'il n'y en a pas dans la nacrite de Brunswick, qui contient au contraire de la chaux, du fer et du manganèse, constitue bien une espèce *nouvelle* et distincte de cette dernière. Dans la classification méthodique des minéraux adoptée par M. Rammelsberg, qui est fondée sur la composition chimique, elle devrait être rangée dans la classe des hydrosilicates formés d'un silicate neutre et d'un silicate tribasique, et elle viendrait après la *Mésotype* et la *Gyrargillite* (1). Je proposerai de la nommer *Damourite*, en l'honneur de M. Damour, auquel la minéralogie est redevable de l'étude d'un grand nombre de substances.

Le gisement du minéral que nous venons d'étudier est celui du disthène et de la staurotide, et il se trouve en abondance aux environs de Pontivy, dans le Morbihan. Haüy pensait que ces minéraux appartenaient aux terrains anciens et primitifs (2) ; mais M. Dufrénoy a fait voir dans l'Explication de la carte géologique de la France, que les terrains de la Bretagne dans lesquels on trouve le disthène et la staurotide doivent être rapportés aux terrains de transition ; et c'est aussi ce que démontre d'une manière irrécu-

(1) *Rammelsberg Handwörterbuch*, 2^e partie, p. 309.

(2) Haüy. *Minéralogie*. — *Disthène*.

sable la présence d'empreintes fossiles qui se trouvent sur des échantillons où les deux minéraux sont réunis. Cela s'accorde bien, du reste, avec la composition de la substance que nous venons d'analyser, qui contient de l'eau de combinaison, et qui doit appartenir à des terrains d'origine aqueuse; on voit de plus, d'après ce qui a été dit de l'action de la chaleur sur cette substance, que si elle se trouve dans des terrains *métamorphisés*, ils n'ont dû supporter qu'une chaleur assez faible, puisqu'à une température un peu élevée elle perd son eau pour ne plus la reprendre. Sa formation est du reste bien contemporaine de celle du disthène, et on ne peut pas supposer qu'elle ait pris naissance postérieurement par des infiltrations, comme cela doit avoir eu lieu pour les zéolithes dans le basalte; car elle occupe des intervalles angulaires très grands que laissent entre eux les prismes de disthène, et de plus ses lamelles sont si complètement engagées dans celles du disthène avec lesquelles elles alternent, qu'il est souvent presque impossible d'assigner la limite des deux minéraux.

Le Secrétaire donne lecture des deux lettres suivantes, adressées par M. Édouard Collomb à M. le Président.

1^o Sur quelques vallées à moraines des Vosges.

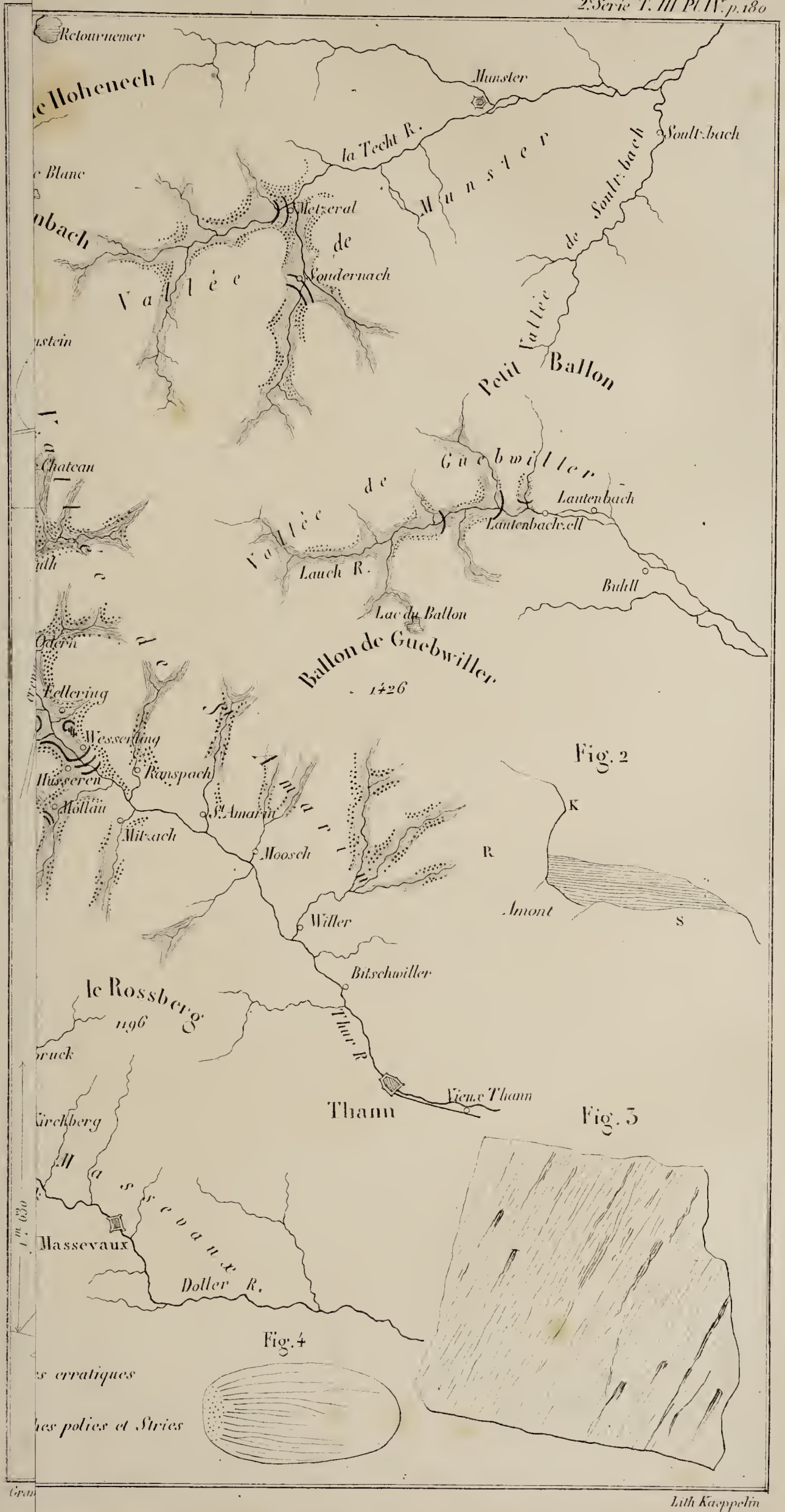
Wesserling, 20 novembre 1845.

Monsieur,

J'ai l'honneur de soumettre à votre jugement quelques réflexions sur la théorie des glaciers, accompagnées de deux cartes qui représentent le terrain erratique d'une partie des Vosges. La première, au $\frac{1}{80000}$, pl. III, ne représente que le terrain erratique de la vallée de Saint-Amarin: j'y ai travaillé consciencieusement pendant plusieurs mois; les moindres accidents qui figurent sur cette carte ont été reconnus sur les lieux: tout ce qui m'a paru présenter l'apparence du doute a été rejeté.

La seconde, au $\frac{1}{20000}$, pl. IV, représente ce terrain dans les vallées de Saint-Amarin, de Munster, de Guebwiller, de Massevaux et de Giromagny, puis deux portions de vallées du versant occidental des Vosges, localités que j'ai particulièrement étudiées.

Suivant les auteurs qui ont traité la matière, le terrain erratique peut se classer et se résumer de la manière suivante:



sable la présence d'empreintes fossiles qui se trouvent sur des échantillons où les deux minéraux sont réunis. Cela s'accorde bien, du reste, avec la composition de la substance que nous venons d'analyser, qui contient de l'eau de combinaison, et qui doit appartenir à des terrains d'origine aqueuse; on voit de plus, d'après ce qui a été dit de l'action de la chaleur sur cette substance, que si elle se trouve dans des terrains *métamorphisés*, ils n'ont dû supporter qu'une chaleur assez faible, puisqu'à une température un peu élevée elle perd son eau pour ne plus la reprendre. Sa formation est du reste bien contemporaine de celle du disthène, et on ne peut pas supposer qu'elle ait pris naissance postérieurement par des infiltrations, comme cela doit avoir eu lieu pour les zéolithes dans le basalte; car elle occupe des intervalles angulaires très grands que laissent entre eux les prismes de disthène, et de plus ses lamelles sont si complètement engagées dans celles du disthène avec lesquelles elles alternent, qu'il est souvent presque impossible d'assigner la limite des deux minéraux.

Le Secrétaire donne lecture des deux lettres suivantes, adressées par M. Édouard Collomb à M. le Président.

1^o Sur quelques vallées à moraines des Vosges.

Wesserling, 20 novembre 1845.

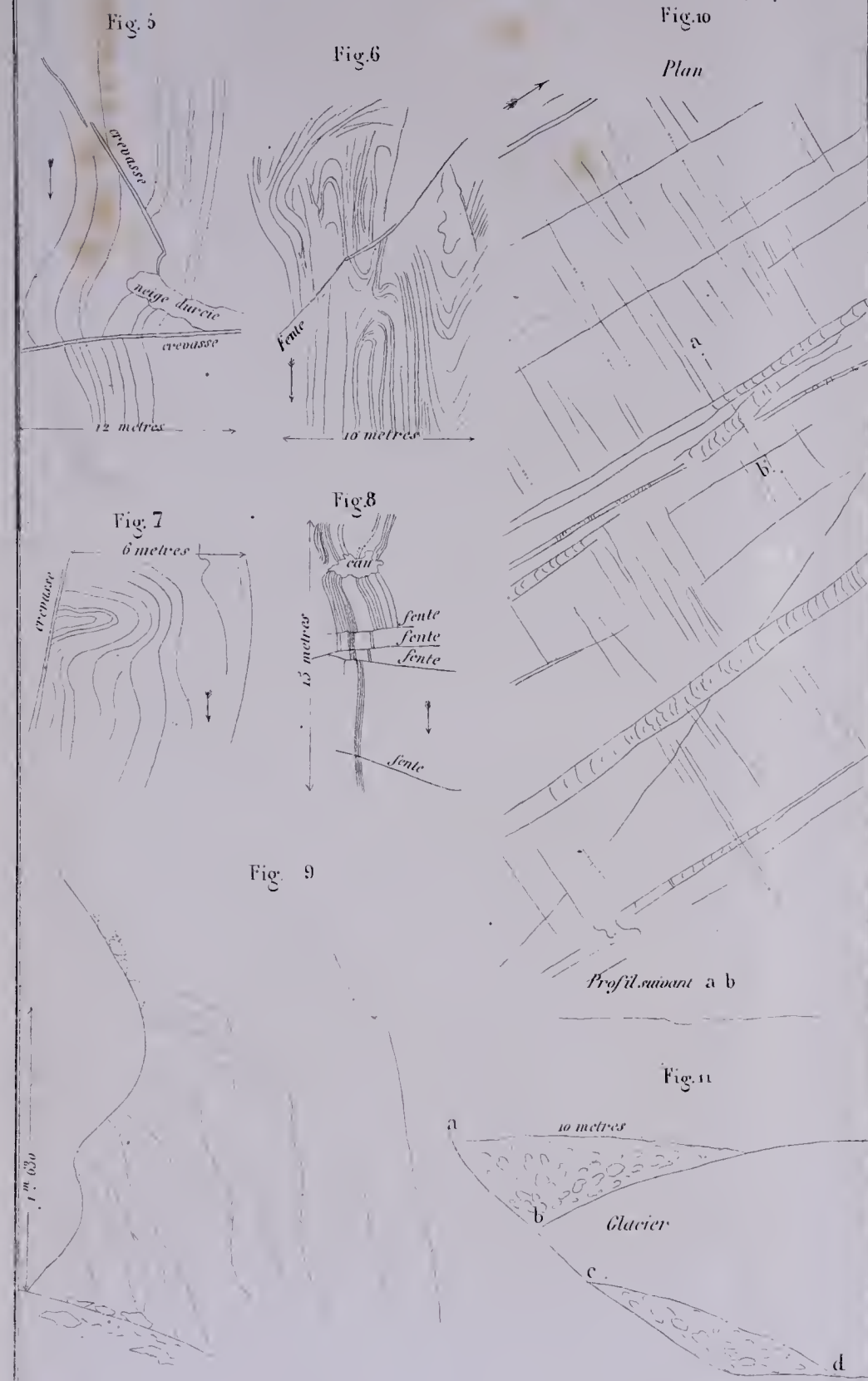
Monsieur,

J'ai l'honneur de soumettre à votre jugement quelques réflexions sur la théorie des glaciers, accompagnées de deux cartes qui représentent le terrain erratique d'une partie des Vosges. La première, au $\frac{1}{80000}$, pl. III, ne représente que le terrain erratique de la vallée de Saint-Amarin: j'y ai travaillé consciencieusement pendant plusieurs mois; les moindres accidents qui figurent sur cette carte ont été reconnus sur les lieux: tout ce qui m'a paru présenter l'apparence du doute a été rejeté.

La seconde, au $\frac{1}{200000}$, pl. IV, représente ce terrain dans les vallées de Saint-Amarin, de Munster, de Guebwiller, de Massevaux et de Giromagny, puis deux portions de vallées du versant occidental des Vosges, localités que j'ai particulièrement étudiées.

Suivant les auteurs qui ont traité la matière, le terrain erratique peut se classer et se résumer de la manière suivante:

Sur quelques Phénomènes des Glaciers
par Escher de la Linth.



CARTE
du Terrain Erratique
d'une Partie
DES VOSGES
PAR
E. COLLOMB

Echelle de 1/200,000

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Kilom.



Tableau du terrain erratique.

1° Moraines.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{frontales, } \left\{ \begin{array}{l} \text{simples,} \\ \text{multiples,} \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{stratifiées,} \\ \text{non stratifiées.} \end{array} \\ \text{médianes,} \\ \text{latérales,} \\ \text{par obstacle.} \end{array} \right.$
2° Blocs . . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{arrondis,} \\ \text{à angles vifs.} \end{array} \right.$
3° Accumulation de débris glaciaires.	$\left\{ \begin{array}{l} \text{cailloux,} \\ \text{galets striés,} \\ \text{sable,} \\ \text{boue du glacier.} \end{array} \right.$
4° Roches. . .	$\left\{ \begin{array}{l} \text{polies,} \\ \text{moutonnées,} \\ \text{striées.} \end{array} \right.$

Ces quatre formes sont indiquées sur ma carte par quatre signes différents.

Quant à la limite des anciennes glaces, elle est fort difficile à déterminer exactement : dans le doute, je me suis arrêté à la ligne des moraines frontales inférieures ; cependant il est évident que pendant la période où notre contrée a été couverte de grandes glaces, période qui a dû comprendre un long espace de temps, il y a eu un moment où les anciens glaciers ont pris une extension, un accroissement considérable, à en juger par les débris qu'ils ont laissés sur place à plus de 500 mètres au-dessus du fond des vallées actuelles. Dans la vallée de Saint-Amarin on peut admettre trois zones, trois lignes à peu près horizontales qui indiquent la limite de l'action des anciens glaciers.

La première, que j'appellerai ligne inférieure, se maintient à partir de la moraine frontale de Wesserling jusqu'au fond, à environ 100 mètres du sol de la vallée ; elle se reconnaît facilement, sur la rive gauche d'abord, par une ligne de blocs disposés horizontalement sur le flanc des montagnes encaissantes, et ensuite dans les anfractuosités produites par l'ouverture des vallées latérales. Un amas horizontal de beaux blocs de granite se remarque ainsi au-dessus du Hasenbühl, près Fellerling ; puis un autre au-dessus du village d'Odern, ensuite au-dessus du village de Krüth, puis encore auprès du rocher de Wildenstein.

Sur la rive droite, cette première ligne de blocs peut se suivre de l'œil sur toute l'étendue de la vallée ; elle pénètre très avant dans les vallées latérales. Dans la vallée d'Urbès, deux longues li-

gnes latérales de blocs et débris, à environ 100 mètres de hauteur, sont marquées sur la carte. Les monticules qui percent comme des îlots, au milieu de la vallée, à 100 et 120 mètres de hauteur, sont tous parsemés de blocs erratiques à leur sommet.

Les blocs de cette ligne sont à angles les uns vifs, les autres arrondis ; ces derniers présentent fréquemment, lorsqu'ils sont en granite, une de leurs faces striée à plusieurs millimètres de profondeur ; ce sont des galets monstres, quelquefois de plusieurs mètres cubes ; les stries ne sont pas croisées ; elles ne sont pas parallèles non plus, mais elles divergent en rayonnant d'un centre commun. M. Agassiz m'a dit en avoir observé de pareilles en Écosse, et M. Hogard en a vu sur le versant occidental des Vosges. Au centre de rayonnement on aperçoit constamment un certain nombre de trous qui imitent ceux qu'on pourrait faire sur du granite en frappant fortement avec la pointe d'un marteau.

La seconde ligne, que nous nommerons ligne moyenne, est moins abondante et moins bien accusée. Elle n'est plus formée de grands amas de blocs et débris : on les rencontre isolés, jetés un peu au hasard sans accompagnement de galets, de sable, etc. ; cependant ils sont bien véritablement erratiques, ils en possèdent tous les caractères. On en rencontre sur les pentes du Drumont et de plusieurs autres de nos montagnes, à 500 mètres de hauteur.

La troisième, ou ligne supérieure, est marquée dans nos montagnes par la présence de blocs à une hauteur considérable : ainsi on rencontre des blocs métriques tout près des sommets les plus élevés, tels que le ballon de Guebwiller, le ballon d'Alsace, le Drumont, le Hoheneck, à près de 1,000 mètres au-dessus de la vallée ; ils sont arrondis, usés, d'une roche différente de celle qui les supporte ; ils ne sont pas striés et paraissent excessivement anciens, à en juger par les érosions de leurs surfaces produites par le laps des siècles ; ils ne sont pas accumulés en grandes masses ; ils sont très espacés les uns des autres ; leur distribution avec parcimonie fait qu'en suivant la ligne de faite de la chaîne des Vosges, on parcourt souvent une distance de plusieurs kilomètres sans en rencontrer un seul, puis on en trouve un amas d'une douzaine qui jonchent le sol pour cesser ensuite. A quelques centaines de pas d'un des sommets du Hoheneck, sur le versant occidental, ils sont répandus avec un peu plus d'abondance ; ils sont en granite, mais d'un grain différent de celui de la roche en place ; ils ne sont pas, du reste, accompagnés de menus débris qui ne manquent jamais de suivre les blocs de la région inférieure. Ils ne proviennent pas d'éboulements supérieurs ; leur position ne permet pas cette sup-

position. Leur aspect extérieur est si différent de celui des blocs de la région basse, leur surface est tellement usée par le temps qu'il est difficile d'admettre que leur origine remonte à la même époque ; ils datent peut-être de l'époque du soulèvement de la chaîne même. Leur transport par les glaces pourrait être sujet à contestation : il faudrait admettre dans ce cas des glaciers de 1,000 mètres d'épaisseur, et des glaciers de cette taille ne seraient pas restés enfermés dans l'enceinte étroite des Vosges ; ils auraient débordé dans la grande plaine du Rhin, et jusqu'à présent on n'y a pas trouvé de traces de leur passage.

Je n'ai donc pas cru devoir les faire figurer sur ma carte ; ils sont bien erratiques suivant l'étymologie du mot, mais ils ne le sont peut-être pas suivant la signification qu'on y attache aujourd'hui.

Vous remarquerez encore sur ma carte que la position des moraines frontales et leur échelonnement se reproduisent partout les mêmes dans nos vallées. Après une première série de moraines frontales inférieures, on rencontre constamment, à quelques kilomètres en amont, une seconde série également frontale. Dans la vallée de Saint-Amarin cet accident se présente à Wesserling et à Krüth.

Dans la vallée de Massevaux, on trouve d'abord un premier degré de l'échelle au village de Kirchberg : là une belle moraine terminale barre la vallée, sur une étendue de 400 mètres et sur une hauteur moyenne de 10 mètres. La majeure partie des matériaux qui forment cette moraine sont arrondis ; cependant quelques gros échantillons de granite, de plusieurs mètres cubes, sont à angles vifs et empâtés sur les points élevés.

Les champs cultivés en amont et en aval sont dépourvus de blocs, parce que les cultivateurs les ont enlevés de la surface du sol pour les rassembler contre l'arête dorsale de la moraine ; ils forment des murs grossièrement établis. A environ 50 mètres en amont, l'église du village est bâtie sur un monticule qu'on pourrait prendre pour une moraine ; mais en sondant le terrain, on reconnaît que ce petit mont est formé de roches en place et recouvert de débris ératiques sur le côté en aval seulement.

Après Kirchberg on arrive à Oberbrück. A partir de ce dernier endroit jusqu'à Dolleren, on remarque des accumulations considérables de matériaux de transport déposées sur les flancs de la montagne jusqu'à une hauteur de 100 mètres. Il ne peut guère y avoir de doutes sur l'origine de ces matériaux : c'est une moraine latérale qui les a abandonnés sur les pentes où on les retrouve aujourd'hui.

Le second degré de l'échelle se trouve au village de Dolleren ; une moraine frontale multiple barre de nouveau la vallée ; elle est clairement dessinée. Ici comme à Kirchberg les cultivateurs ont fait disparaître de leurs champs la plus grande partie des blocs pour les accumuler, contre la moraine, en grands amas soutenus par un mur grossier ; ils ne les ont cependant pas tous enlevés ; quelques uns percent le niveau du sol, et leur fort volume, qu'on peut apprécier par la portion découverte, les garantit de tout déplacement ultérieur.

Avant de quitter cette vallée, pénétrons un peu dans le fond : il forme un petit bassin plat, au milieu duquel se trouve le lac de Seewen, indiqué sur la carte à 485 mètres au-dessus du niveau de la mer. On lui donne le nom de lac parce qu'il était probablement plus étendu autrefois ; aujourd'hui c'est plutôt un étang marécageux qu'un lac. Le village de Seewen est situé au point de jonction où se bifurque la vallée principale : c'est sans aucun doute un des points les plus remarquables des Vosges, sous le rapport des traces que le phénomène erratique a laissées écrites sur le granite.

La roche moutonnée, usée et polie, se montre à découvert sur quelques points de la rue principale du village ; puis les polis les plus remarquables sont situés derrière les maisons, sur la rive gauche. Une de ces surfaces, entre autres, forme paroi à 60° de pente : adossée contre la montagne, elle est usée et frottée au point de rappeler, sur une petite échelle, la représentation de la célèbre Helleplatte près de la Handeck. D'autres surfaces, aussi bien polies et taillées en dos d'âne, percent au milieu des prairies et des jardins qui entourent le village.

Ensuite on remarque comme jetés au hasard quelques blocs de syénite d'un gros calibre, arrondis, qu'on peut qualifier d'erratiques, parce que la cristallisation de ces blocs n'est point identique ni de même forme que celle du roc où ils reposent. J'en ai mesuré un : il a 20 mètres cubes ; il est à gros cristaux isolés de feldspath rose, et provient du ballon d'Alsace, où la même roche se trouve en place ; il se laisse facilement entamer par le marteau, tandis que la roche moutonnée de Seewen est beaucoup plus dure ; son feldspath n'est pas de la même couleur, ni en cristaux aussi volumineux.

En longeant les bords du petit lac sur la rive gauche, on passe sur une prodigieuse quantité de blocs dont les uns sont erratiques ; d'autres sont le produit des éboulements ; ces derniers sont polyédriques, de cette roche bleue, compacte et stratifiée si grossièrement qu'on ne sait trop si c'est une roche de sédiment ou une

roche cristalline. Les blocs erratiques se distinguent par la forme, la position et la nature de leurs éléments.

Un peu plus haut, à 1 kilomètre du lac, on trouve la cascade du Dollsprung, et ici comme dans l'Oberland suisse, la roche polie et moutonnée de syénite se montre à découvert sur tous les points où la végétation n'a pas envahi le terrain.

En se rapprochant du pied du ballon, la végétation arborescente cesse ; un petit filet d'eau se précipite d'une assez grande hauteur dans la Doller ; tout auprès de cette chute la roche est admirablement usée et polie ; en l'examinant avec attention on aperçoit distinctement les stries et le sens qu'elles suivent ; il est parallèle à l'axe principal de la vallée.

Elles ne sont pas burinées nettement comme la roche schisteuse du Glattstein dans la vallée de Saint-Amarin ; il faut les voir à quelques pas de distance pour se rendre compte de leur direction.

Cette roche de syénite est parfois couverte d'une couche épaisse de moussé et de terreau : lorsqu'on la découvre, on trouve que cette couche, au lieu d'agir comme conservateur du poli erratique, tend plutôt à le détériorer. En passant légèrement la main sur une partie fraîchement découverte, à côté d'une autre exposée à l'air de temps immémorial, on sent une légère dépression ; il y a donc eu détérioration produite par le contact des racines et des radicelles. Sur les schistes compacts des Vosges et les calcaires alpins striés, on remarque un effet tout-à-fait opposé ; la couche de terreau les préserve de toute destruction ultérieure.

En parcourant la rive droite, la roche moutonnée se retrouve sur plusieurs points, entre autres à 500 mètres en amont de l'église de Seeven, à 20 mètres du chemin, sur un granite porphyroïde à grain fin et dur ; le poli a été si artistement travaillé par la nature qu'il passe à l'état brillant : il peut se comparer aux plus beaux poli des Alpes.

Les galets striés sont fort rares dans la vallée de Massevaux ; la roche n'est pas de nature à recevoir des empreintes fines et délicates. Pour que le galet strié se produise, il faut le concours de deux espèces de roches, l'une qui fasse l'office de burin et l'autre assez tendre pour recevoir l'empreinte ; ces conditions ne se trouvent pas réunies dans cette localité.

La petite vallée latérale de Rimbach a aussi ses détritiques erratiques distribués sur les pentes des montagnes ; on les retrouve sous forme de moraines latérales sur différents points de ce vallon. Les accumulations les plus considérables de blocs sont dans le village de Rimbach même.

Si nous passons maintenant de la vallée de Massevaux dans celle de Giromagny qui forme un petit bassin à part, nous y retrouverons les mêmes accidents erratiques que dans les autres vallées des Vosges, c'est-à-dire plusieurs moraines frontales échelonnées à quelques kilomètres de distance.

Cette vallée a déjà été l'objet de l'attention d'observateurs distingués. M. Le Blanc l'a signalée le premier et décrite sommairement en 1837 à la réunion extraordinaire de la Société à Porrentruy. Il avait dès lors indiqué les localités que j'ai étudiées en détail, et fait remarquer que les fondateurs de la fabrique de Wesserling, Suisses d'origine, n'avaient pas hésité, il y a quatre-vingts ans, à baptiser du nom de moraine l'amas de débris qu'ils avaient trouvé là. Il est revenu sur cette question dans le t. XII du *Bulletin*, p. 132. M. Renoir a aussi publié dans le *Bulletin* t. XI, p. 53. Je ne pense pas qu'ils élèvent de doutes sur l'exactitude des détails qui sont notés sur ma carte.

La moraine terminale de Giromagny est triple ; elle forme trois plis principaux, trois grandes vagues parallèles et concentriques. La ligne de faite de ces vagues peut encore se suivre de l'œil, malgré les nombreuses constructions qui encombrent le sol. Les matériaux morainiques sont tous de provenance étrangère à la localité ; ils se composent en majorité de blocs de syénite dont la source se trouve au fond de la vallée et au sommet du ballon d'Alsace, puis de beau granite d'un grain fin, ensuite de roche dioritique d'un vert foncé qui appartient à une vallée latérale de la rive droite. On trouve encore sur ces moraines quelques petits blocs de roche ancienne de sédiment qui proviennent des vallées latérales de la rive gauche, et plus rarement quelques fragments de moyenne taille de roche de filon de quartz hyalin.

La grande accumulation de blocs qui existe au-dessus de Giromagny, sur la rive droite, est bien connue des naturalistes. Ceux de 1 à 5 mètres cubes sont généralement arrondis ; ceux d'un plus grand volume sont parfois à angles vifs ; j'ai mesuré un de ces derniers, de roche dioritique, qui, sans être fortement empâté dans le sol, repose légèrement sur quelques petits blocs arrondis de syénite, sur un plan dont l'inclinaison est d'environ 50° ; il atteint le volume de 60 mètres cubes ; il a conservé la vivacité de ses angles.

Le second échelon des moraines dans cette vallée est indiqué sur ma carte à un kilomètre et demi en amont du village du Puits. Elles n'offrent rien de particulier, sauf leur position fort nette entre deux bassins à fond plat, ce qui rend leur aspect d'ensemble

d'autant plus caractéristique ; ensuite le sol n'est pas encombré de constructions ; il est livré à la culture.

Les polis commencent à se montrer à 2 kilomètres en amont de cette moraine, au point où la vallée est étranglée entre deux massifs de roches cristallines à pentes rapides. Après avoir franchi cet étranglement, la vallée s'élargit de nouveau pour reformer un petit bassin plat ; la roche polie continue à se montrer au bord de la route. On y remarque des stries parallèles et aussi ce qu'on nomme en Suisse des coups de gouge , c'est-à-dire des sillons profondément creusés.

M. Le Blanc regrette que M. Collomb n'ait pas eu connaissance des conjectures qu'il a énoncées relativement aux lacs des Vosges dans sa note publiée dans le *Bulletin* , séance du 19 juin 1843 : il verrait avec bien du plaisir un observateur aussi soigneux et aussi bien placé que M. Collomb prendre la peine d'en vérifier l'exactitude ; vérification qui est d'ailleurs en grande partie faite dans le *Mémoire* de M. Hogard , si bien rédigé et accompagné de si jolis dessins , et qui a pour titre : *Observations sur les moraines et sur les dépôts de transport des Vosges* , par Henri Hogard. 1842 , Épinal.

2^o Sur le terrain erratique des Vosges.

Wesserling , le 26 décembre 1845.

Dans une note que M. Élie de Beaumont a eu la bonté de remettre de ma part à la Société géologique, dans le mois de novembre dernier, avec une carte du terrain erratique de plusieurs vallées des Vosges, j'ai donné quelques détails sur la distribution des blocs en trois zones sensiblement parallèles et horizontales sur le flanc de nos montagnes ; puis j'ai fait remarquer que les moraines frontales étaient placées dans le fond des vallées de manière à s'échelonner à quelques kilomètres de distance. J'ai à ajouter à ces observations quelques faits relatifs au même sujet, et qui ne sont qu'une suite des explications que nécessite ma carte, au $\frac{1}{80000}$, pl. III.

Sous le nom de *moraines par obstacle*, j'ai voulu indiquer des amas de détritits mobiles , qu'on rencontre fréquemment dans la vallée de Saint-Amarin , adossés contre des roches en place. Cette forme du terrain erratique, que je ne trouve décrite nulle part , mérite une attention particulière. Dans notre vallée, les moraines

par obstacle sont au nombre de sept ou huit ; tous les monticules isolés de roches en place, en cône tronqué de 30, 40, 50 à 180 mètres, qui surgissent du sol comme des îles, en amont de Wessering, en sont pourvus.

Ainsi, entre le village d'Odern et celui de Krüth, le monticule noté sur ma carte sous le nom de Bärenberg, de 80 mètres de hauteur, peut servir de type comme étude du genre. La roche est un schiste argileux ancien, cambrien ou silurien, stratifié, en couches relevées presque verticalement, qui alternent avec des masses fondues porphyroïdes. Sur le côté nord le mont est couvert jusque près du sommet d'un revêtement de débris mobile, dont la composition est identique avec celle des autres moraines de notre vallée. Les accumulations de sable fin sont de préférence disposées par bandes dans la région inférieure, puis les matériaux d'un plus fort volume sont plus abondants dans la région moyenne, ensuite les blocs métriques sont dans la région basse empâtés dans le sable et la terre ; à 50 mètres plus haut ils sont un peu mieux dégagés ; puis, près du sommet et sur le sommet même, ils sont tout-à-fait libres, découverts, dégagés de galets et autres menus débris ; ils reposent directement sur la roche en place.

Il faut distinguer parmi ces blocs et débris ceux qui ont été déplacés plus tard par la main de l'homme pour préparer le sol à la culture. Nos moraines étaient, il y a cinquante ans, couvertes de chênes, de hêtres et de sapins : le sol mobile de ces amas de débris se prête fort bien à la culture des arbres de haute futaie ; mais pour les besoins de la population on les a fait disparaître, et nos moraines sont aujourd'hui transformées en champs cultivés.

Les blocs métriques sont en grande majorité arrondis, émusés ; ceux qui ont conservé des angles vifs sont plus rares ; ils sont les uns et les autres en granite ou en beau granite porphyroïde ; quelques blocs de quartz blanc saccharoïde et de silex-cornaline s'y remarquent aussi. Les schistes ne se trouvent que dans les menus débris.

Il est facile de remonter à l'origine de tous ces matériaux.

La roche cristalline, le granite et le granite porphyroïde identiques se trouvent en place à 6 kilomètres en amont, auprès du col du Bramont, à la montagne de la Tête-Ronde, qui ferme la vallée dans cette direction, et dans les environs de Wildenstein sur la rive droite. Les quartz et les silex font partie du même massif, où ils figurent en qualité de roches de filon. La roche de sédiment similaire est en place sur toute la rive gauche de la vallée en amont.

Comme étude de roches et de galets striés, le Bärenberg n'est pas dépourvu d'un certain intérêt. Les galets striés y sont abondants ; j'en ai recueilli de fort beaux exemplaires dans une ouverture pratiquée dans cette moraine du côté N.-O. pour l'extraction du sable ; les galets recueillis ainsi au milieu d'une tranche de sable en exploitation ont des stries d'une netteté parfaite : ceux que j'ai trouvés sous les glaciers, ou bien enchâssés dans les masses mêmes de glaces du glacier inférieur de l'Aar, ne sont pas mieux burinés : le travail de gravure qui sillonne leur surface est dans les deux circonstances exactement identique : en comparant des galets striés, que j'ai rapportés des glaciers en activité, avec ceux que je recueille sur nos moraines des Vosges, il est impossible d'apercevoir aucune différence, quand bien même la roche n'est pas de même nature. Les calcaires noirs compactes des Alpes ont beaucoup d'analogie, sous le rapport de l'aspect extérieur et de la dureté du grain, avec nos schistes anciens ; le burin erratique y a produit le même résultat.

J'ai trouvé la roche striée en place sur quatre points différents du Bärenberg. On ne la découvre pas tout d'abord au premier aspect ; j'ai consacré plusieurs séances à la recherche de cette roche ; elle est cachée par les mousses et les bruyères ; ensuite la roche porphyroïde qui fait partie de ce petit massif n'est pas susceptible de recevoir des empreintes nettes ; ce n'est guère que sur les roches à pâte fine que les stries conservent ce caractère de netteté qui les rend si remarquables. Ce mont, dont le plan a la forme d'un ovale, a, sur ses deux extrémités, des points où la roche offre des stries suffisamment prononcées : d'abord, du côté de l'E., derrière les dernières maisons du village d'Odern, la roche, sur un plan très incliné, se montre à découvert ; elle est polie, et les stries qui la sillonnent sont longues, sensiblement parallèles, leur direction s'éloigne peu de l'horizontale. Sur le côté O., le poli et les stries se trouvent aussi imprimés sur un rocher à forte pente, dans un terrain nouvellement défriché ; elles ne sont pas dans la direction de l'axe principal de la vallée, ni horizontales, cette roche étant dominée en amont par une masse moutonnée ; sur un point où la vallée s'élargit un peu après avoir été resserrée dans des limites fort étroites, les stries ont une direction qui plonge de haut en bas sous un angle de 25 à 30° avec l'horizon. En l'examinant sur le terrain, cette direction inclinée, qui n'a du reste aucun rapport avec le sens du clivage ou le sens des feuillets du schiste, s'explique naturellement si l'on admet l'hypothèse du glacier ; dans l'hypothèse contraire, un courant d'eau ou de boue aurait

conservé son horizontalité; les stries qu'il aurait pu produire n'auraient pas la direction inclinée qu'on remarque ici.

Au sommet, les couches du schiste deviennent tendres, jaunâtres; il passe à l'état de pierre à aiguiser; les défrichements en ont détruit une grande partie; il en reste toutefois assez pour pouvoir y recueillir encore de beaux exemplaires striés avec délicatesse. Le moteur qui les a produites n'étant pas gêné dans son allure comme à la base de ce cône, le sens des stries n'a pas subi d'altération dans la direction normale qui se remarque partout dans notre vallée; elles sont horizontales et dans le sens de l'axe principal.

Sur le versant S. du Bärenberg, tous les accidents erratiques disparaissent pour faire place à différents talus d'éboulements, talus qui n'ont aucun rapport avec ceux de la face opposée. Ces talus sont composés, à partir du haut, de la manière suivante :

- A. Blocs métriques.
- B. Blocs métriques et débris moyens.
- C. Blocs métriques, débris moyens et sables fins.

(Voir la coupe de la vallée de la Thur, et la coupe du Bärenberg, pl. III.)

Nous trouvons donc sur ce monticule, qui n'a pas 500 mètres de diamètre, des blocs métriques évidemment erratiques, des débris composés de cailloux, sable grossier, sable fin, et des galets striés, disposés dans un ordre qui ne permet pas d'admettre que les eaux soient intervenues d'une manière quelconque dans leur mode de transport; puis, pour complément, nous trouvons la roche striée en place sur les côtés latéraux et au sommet.

Les autres moraines par obstacle les mieux caractérisées de notre vallée sont situées à peu de distance du Bärenberg. A 4 kilomètres en amont, le rocher qui porte les ruines de l'ancien château de Wildenstein est revêtu sur son revers N.-O. d'un manteau de débris qui sont en tout point identiques avec ceux que nous venons d'examiner. Ce rocher, de 180 mètres de haut, est presque tout entier formé d'une masse de granite porphyroïde; il est séparé des montagnes voisines par deux couloirs; dans l'un passe la route et dans l'autre la rivière. On n'y trouve nulle part des stries délicates, mais seulement des parois de roc plus ou moins bien polies et arrondies; sur le côté S., le rocher se termine en promontoire surbaissé où les blocs sont venus s'accumuler en grande quantité. Tout auprès du torrent la roche est sillonnée par de larges

cannelures de 7 à 8 décimètres de largeur et de plusieurs mètres de longueur, décrivant une courbe qui n'est point parallèle au cours de l'eau. Ces sillons sont-ils erratiques? Sont-ils produits par une autre cause? C'est ce que j'ignore.

En aval du Bärenberg, les moraines par obstacle se trouvent encore au petit rocher sur le sommet duquel est bâtie l'église du village d'Odern; j'ai déjà donné une description de cette moraine dans une autre circonstance : elle se distingue des précédentes par un amas de terre argileuse qui fait partie intégrante de sa masse, amas où les blocs métriques sont venus s'empâter à différentes profondeurs.

En descendant notre vallée, nous trouvons encore un monticule isolé qui s'appelle le Marlen, entre le village d'Odern et celui de Fellerling. Ce Marlen est dans les mêmes conditions que le Bärenberg; son revers N. est plaqué de débris erratiques, de galets striés, de blocs métriques de granite et de granite porphyroïde. Ces blocs sont, au sommet de ce mont, posés légèrement et supportés par des corniches de roche ou engagés sur des pentes de 30 à 40°; le moindre effort suffirait pour les déranger d'une position aussi instable.

En se rapprochant de Wesserling on rencontre encore le Hasenbühl, qui figure dans un numéro du *Bulletin de la Société géologique* (2^e sér., t. II, p. 508), et qui peut être aussi considéré comme une moraine par obstacle. M. Ch. Martins, qui a visité cette roche, a été frappé de la pureté de son poli et de la netteté des stries; il a pu en recueillir sur place des exemplaires irréprochables. La roche cristalline d'eurite qui fait partie de ce mont, étant d'une pâte dure comme du silex, n'est pas susceptible de recevoir des empreintes burinées.

J'ai encore quelques observations à présenter sur les stries erratiques de notre vallée, observations qui, je crois, n'ont pas encore été faites. Ces stries ne sont pas toujours identiques dans leur forme ni dans leur direction; la profondeur du sillon varie également suivant la position et la nature de la roche. Ainsi, au Hasenbühl, où le schiste est fort tendre, comparativement aux autres roches schisteuses des environs, les stries ne sont point rectilignes, ni profondes, ni longues. Ce mont étant de 70 mètres plus élevé que le fond de la vallée, l'agent érosif n'a sans doute point opéré avec la même énergie que dans la région inférieure. Et un point important à signaler aux observateurs, c'est le régime saccadé de ces stries; elles sont interrompues, intermittentes; en examinant à part un seul sillon de quelques centimètres de longueur, on

voit plusieurs temps d'arrêt, comme si le burin eût été interrompu dans son travail. A l'extrémité de chacune des sections de ce sillon on remarque un petit éclat de roche enlevé. Le burin paraît avoir labouré la pierre sur un trajet de 8 à 10 millimètres en l'attaquant de haut en bas sous un angle aigu. J'ai essayé de rendre cet accident sur le croquis ci-joint, fig. 3 pl. IV; mais pour mieux juger de l'effet je prendrai la liberté d'envoyer à la Société géologique quelques exemplaires bien choisis de cette roche. Sur la roche striée du Bärenberg on trouve aussi que le régime en est saccadé, interrompu dans sa course; il ne conserve qu'un parallélisme grossier, qui ne paraît tel que vu à distance; les stries se coupent même fréquemment sous un angle aigu.

A l'occasion de ces stries, il n'est peut-être pas hors de propos de faire remarquer que j'ai rencontré fréquemment, dans les vallées des Vosges, des roches dont les stries n'ont point une origine erratique. Dans l'appréciation de ce phénomène il est essentiel de tenir compte :

1° De la position des roches relativement à celles qui les avoisinent immédiatement ;

2° De la nature même de la roche, de son degré de dureté, de la facilité avec laquelle elle se délite ;

3° De la direction de la stratification, et du sens dans lequel les feuillettes des roches schisteuses se sont superposés les uns aux autres.

Ainsi, quant à la position des roches, on sait que les glaciers n'usent et ne polissent que les surfaces planes ou convexes, n'importe l'orientation des plans, ou plutôt le degré d'inclinaison des plans; qu'ils soient horizontaux, verticaux ou même en surplomb, ils peuvent également être atteints par le corps frottant. Il faut encore remarquer que les bords d'un glacier n'attaquent pas toujours les surfaces planes des roches encaissantes; le glacier se crée souvent des points d'appui capricieux, sans qu'on puisse se rendre un compte exact du motif : la ligne du bord saute quelquefois d'un rocher à un autre, et entre ces points il laisse un espace vide et se tient à distance. Ailleurs, le glacier atteint de son burin des surfaces légèrement concaves, à condition qu'elles soient à grands rayons. Mais si un obstacle solide se présente immédiatement en amont, le corps frottant ne produira plus d'effet. Je n'en citerai qu'un exemple pris dans notre terrain erratique. Il y a sur le monticule du Marlen, près d'Odern, une roche de schiste argileux qui est sillonnée de stries qui ont quelque rapport avec les stries erratiques; on pourrait les confondre, si la position de la roche n'était point une raison suffisante pour rejeter cette explication.

Les stries du rocher S, fig. 2, pl. IV, étant immédiatement dominées en amont par le rocher R, ont été évidemment à l'abri de l'action érosive erratique ; elles sont donc dues à une autre cause.

Quant à la nature de la roche, nous choisissons dans nos environs un exemple de stries qui pourraient donner lieu à une méprise.

Il existe sur la route d'Urbès à Bussang, entre le kilomètre n° 4 et le kilomètre n° 5, une roche schistoïde sur laquelle des stries parallèles sont assez bien dessinées et dont la direction dans le sens de l'axe principal de la vallée pourrait faire supposer qu'elles sont erratiques. Toutefois, si on l'examine avec attention, on s'aperçoit que cette roche est formée de feuillets ardoisiers superposés les uns aux autres en plaques presque verticales, présentant sur leur face plane une infinité de cannelures dont le dessin, quoique exécuté avec moins de finesse, se rapproche beaucoup, pour la forme, des stries glaciaires. On peut s'assurer qu'elles proviennent de la nature même de la roche en cassant un échantillon dans l'intérieur de la masse : on s'aperçoit alors qu'il présente le même phénomène. Ces feuillets, ayant été jusqu'alors à l'abri des agents extérieurs, n'ont donc pas été striés par une cause erratique.

D'autres roches schisteuses dont la nature se rapproche de celle de l'ardoise offrent fréquemment la disposition cannelée, non pas sur la surface plane des feuillets, comme dans l'exemple précédent, mais sur les tranches de plusieurs feuillets réunis. On trouve des exemples pareils dans le fond de la vallée de Schliffels, derrière la moraine qui barre cette vallée. Les couches sédimentaires, aussi fines que les feuillets d'un livre, ont à la suite des temps subi une action érosive qui leur donne l'apparence des stries erratiques.

Au débouché de cette même vallée de Schliffels, il existe de larges surfaces de roc, cannelées et striées. Par la position de cette roche, les cannelures pourraient aussi bien avoir été produites par un moteur erratique que par la force désagrégeante des agents extérieurs, et comme elles correspondent exactement au sens de la stratification, il s'était élevé des doutes dans mon esprit sur l'origine de ce burinage ; j'ai consulté sur cet objet les autorités de la science (1), qui ont été d'accord pour rejeter la cause que j'avais cru d'abord devoir admettre.

Il est moins difficile de se tromper lorsque c'est une roche granitique qui se présente à l'observateur, les roches cristallines n'ayant en général, dans leur état normal, ni surfaces lisses ou po-

(1) M. Élie de Beaumont et M. Agassiz.

Soc. géol., 2^e série, tome III.

lies, ni larges feuillets bien prononcés. Celles qui ont été soumises au travail erratique se distinguent facilement par un poli tout particulier : les cristaux de feldspath, de quartz, de mica qui les composent d'ordinaire, sont coupés net au même niveau. J'ai dans ma collection une roche intéressante sous le rapport du travail de frottement qu'un glacier exerce sur les roches cristallines : c'est un granite du bord méridional du glacier inférieur de l'Aar, recueilli sur une muraille presque verticale, à 3 kilomètres du talus terminal ; cette muraille, par suite des portions qui s'en sont détachées antérieurement, présentait il y a deux ans une surface fraîche, avec toutes ses rugosités naturelles, à l'action érosive du glacier. Après avoir exercé son frottement pendant un an sur un pan de cette muraille, on en a détaché un échantillon ; l'année suivante, après deux ans de frottement, on en a extrait de nouveau un échantillon. En comparant ces deux morceaux, qui sont loin encore d'avoir acquis le poli parfait, on peut cependant juger du travail opéré par la nature dans cet espace de temps.

Dans les Vosges, lorsque la roche cristalline se trouve en contact immédiat avec la roche de sédiment, et qu'elle passe immédiatement de l'un à l'autre sans apparence de métamorphisme, comme cela se voit fréquemment dans nos vallées, la roche cristalline est simplement polie, et la roche sédimentaire se trouve polie et striée.

Notre terrain erratique se présente encore sous une autre forme caractéristique, celle de *boue de glacier*. On sait que les glaciers ont la propriété de broyer certains matériaux, de les réduire en pâte fine ; je retrouve cette pâte dans nos dépôts erratiques, principalement dans l'intérieur des amas latéraux et sous forme de terre argileuse ; quelquefois cette terre est rouge, chargée d'oxyde de fer ; d'autres fois elle est blanche, presque entièrement formée d'éléments quartzeux et feldspathiques, soit en amas non stratifiés, soit en couches horizontales stratifiées grossièrement. Ces argiles ne sont pas d'ailleurs particulières aux Vosges. M. Daroeher, en parlant du terrain erratique du grand plateau du nord de la Laponie et de celui de la Finlande, dit qu'il a remarqué des détritns argileux mêlés de sable et de graviers. En Pologne, M. Pusch cite des couches de sable entremêlées de couches d'argile dans le même terrain.

Dans la moraine de Schliffels il existe de forts amas de cette terre argileuse ; elle est en *sacs*, sans traces de stratification. J'ai fait sur cette terre une analyse mécanique pour m'assurer du degré de finesse et de ténuité de la pâte. Cette analyse est un simple lavage

à l'eau par décantation, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir l'action des dissolvants acides ou alcalins. 1,000 parties préalablement séchées à fond m'ont produit :

479 gros gravier.

334 sable moyen.

493 sable très fin.

297 poudre argileuse excessivement fine.

1000

C'est donc près de 30 p. 100 de matières susceptibles d'être entraînées par le plus petit filet d'eau. Dans une analyse que j'avais faite précédemment sur une de ces terres argileuses provenant d'une autre moraine, j'avais obtenu plus de 50 p. 100 d'argile très légère.

J'ai rencontré ces dépôts argileux, stratifiés grossièrement, dans les moraines latérales qui sont suspendues sur le flanc de nos montagnes, dépôts qui me paraissent rentrer dans la catégorie de ceux que M. de Charpentier a décrits (§ 49). Dans un embranchement de la vallée latérale d'Urbès j'ai remarqué un amas incohérent de cailloux, de bloes et de gravier, de quelques mètres d'épaisseur, surmonté d'une couche horizontale de boue blanche excessivement fine; puis vient une couche parallèle de sable moyen, et ensuite une troisième couche de sable grossier, le tout surmonté d'un nouvel amas de blocs, cailloux et galets sans stratification. La couche stratifiée de boue se trouve ici emprisonnée entre deux dépôts non stratifiés, et la partie la plus ténue de cette boue est dans une position inférieure au sable grossier. Cet arrangement des matériaux est bien difficile à expliquer autrement que par le fait d'un glacier.

Je retrouve encore cette boue dans une autre circonstance, où elle n'a pas le même degré de ténuité, mais où elle est tout aussi bien caractérisée; c'est lorsqu'elle est adhérente à la roche striée en place ou aux galets mobiles striés. Sur la roche striée du Glattstein, dans les endroits que j'ai fait mettre récemment à découvert pour y prendre des échantillons, la roche est sur plusieurs points couverte d'une incrustation de sable fin qui y adhère assez fortement pour qu'on ne puisse l'enlever qu'en la frottant longtemps avec une brosse et de l'eau chaude. Ces incrustations ont l'apparence d'un vieux mortier comme on en trouve sur les roches dans les terrains calcaires; mais ici le calcaire est tout-à-fait

étranger à la localité : on n'en rencontre nulle part ; aucune de nos sources n'est calcaire. Ces incrustations ne font pas au surplus effervescence avec les acides ; elles m'ont paru tout-à-fait identiques avec celles que M. Agassiz a déjà remarquées sur les roches striées de la Suisse.

Nos galets mobiles sont aussi fréquemment couverts d'une légère croûte, incrustée solidement dans les parties creuses du galet ; on y reconnaît la même source, la même origine et l'absence de calcaire. Ce ne peut être que du sable fin qui a fait dans les temps passés, quand ces matériaux étaient doués de mouvement, l'office de burin. On retrouve dans le sillon le grain de quartz qui a rayé la roche. Ce grain, associé avec une poudre impalpable, a pris à la suite des siècles cette consistance de mortier adhérent.

Je joins ici une coupe longitudinale de la rive gauche de la vallée de Saint-Amarin, où j'ai fait figurer les principales moraines par obstacle et les moraines frontales ; on y voit d'un coup d'œil la disposition de ces singuliers amas de matériaux.

Des faits qui précèdent il n'est guère possible d'admettre que les menus débris que nous avons remarqués sur nos moraines aient été apportés sur un point par un moyen de transport différent de celui qui a charrié les gros blocs ; le triage qu'on remarque au sommet de ces cônes n'existe plus dans leur partie inférieure ; là tout est mêlé, tout est confondu ; les blocs métriques sont enveloppés de sable, de galets et de blocs moyens.

Il y a évidemment une cause commune, contemporaine, qui a accumulé ces matériaux avec une lenteur extrême. Cette cause, cette force motrice ne les a point broyés ou usés indistinctement, puisqu'elle a respecté un certain nombre de blocs dont les faces et les angles ont conservé une certaine fraîcheur ; puis les stries les plus délicates des galets de schiste ont été conservées intactes.

Si les blocs anguleux, qui sont fort souvent posés sur les points culminants, eussent été transportés par des glaces flottantes, nous serions fort embarrassé d'expliquer pourquoi la masse liquide qui devait se trouver sous les glaces n'a pas opéré comme un courant d'eau ordinaire. Cette masse fluide, dans son mouvement de translation, aurait dérangé, déplacé les sables fins, les argiles, les galets ; elle aurait opéré un nouveau triage, et en explorant nos moraines on n'y trouve nulle part les traces que les courants d'eau laissent d'ordinaire après eux.

Si nous joignons ces faits à ceux précédemment exposés sur le même sujet par MM. Le Blanc, Hogard et Renoir, et si nous comparons un instant les phénomènes contemporains, produits par



Extrait de la Carte le

Imp. Kaeppelin & Co. 15 Quai Voltaire.

étranger à la localité : on n'en rencontre nulle part ; aucune de nos sources n'est calcaire. Ces incrustations ne font pas au surplus effervescence avec les acides ; elles m'ont paru tout-à-fait identiques avec celles que M. Agassiz a déjà remarquées sur les roches striées de la Suisse.

Nos galets mobiles sont aussi fréquemment couverts d'une légère croûte, incrustée solidement dans les parties creuses du galet ; on y reconnaît la même source, la même origine et l'absence de calcaire. Ce ne peut être que du sable fin qui a fait dans les temps passés, quand ces matériaux étaient doués de mouvement, l'office de burin. On retrouve dans le sillon le grain de quartz qui a rayé la roche. Ce grain, associé avec une poudre impalpable, a pris à la suite des siècles cette consistance de mortier adhérent.

Je joins ici une coupe longitudinale de la rive gauche de la vallée de Saint-Amarin, où j'ai fait figurer les principales moraines par obstacle et les moraines frontales ; on y voit d'un coup d'œil la disposition de ces singuliers amas de matériaux.

Des faits qui précèdent il n'est guère possible d'admettre que les menus débris que nous avons remarqués sur nos moraines aient été apportés sur un point par un moyen de transport différent de celui qui a charrié les gros blocs ; le triage qu'on remarque au sommet de ces cônes n'existe plus dans leur partie inférieure ; là tout est mêlé, tout est confondu ; les blocs métriques sont enveloppés de sable, de galets et de blocs moyens.

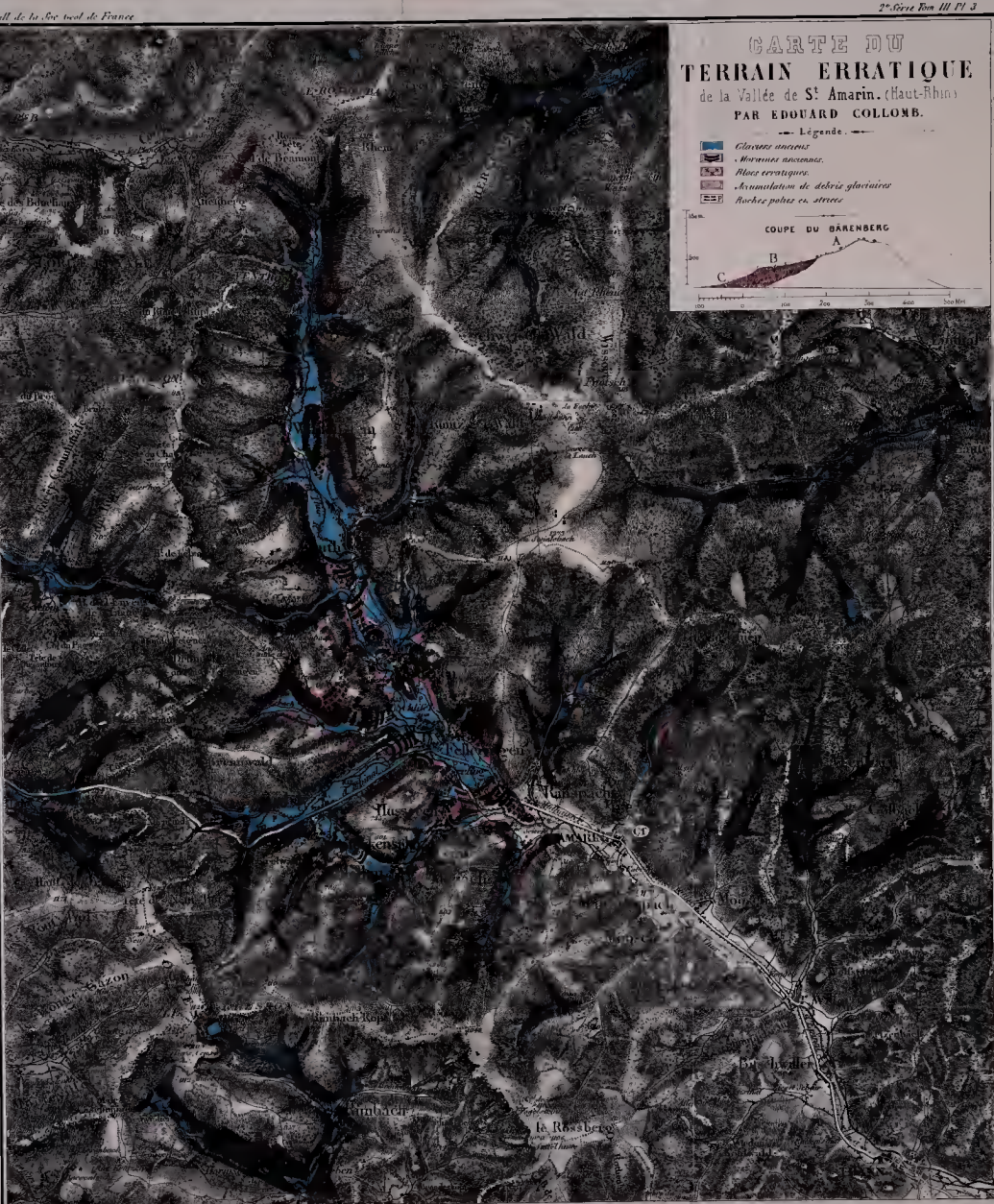
Il y a évidemment une cause commune, contemporaine, qui a accumulé ces matériaux avec une lenteur extrême. Cette cause, cette force motrice ne les a point broyés ou usés indistinctement, puisqu'elle a respecté un certain nombre de blocs dont les faces et les angles ont conservé une certaine fraîcheur ; puis les stries les plus délicates des galets de schiste ont été conservées intactes.

Si les blocs anguleux, qui sont fort souvent posés sur les points culminants, eussent été transportés par des glaces flottantes, nous serions fort embarrassé d'expliquer pourquoi la masse liquide qui devait se trouver sous les glaces n'a pas opéré comme un courant d'eau ordinaire. Cette masse fluide, dans son mouvement de translation, aurait dérangé, déplacé les sables fins, les argiles, les galets ; elle aurait opéré un nouveau triage, et en explorant nos moraines on n'y trouve nulle part les traces que les courants d'eau laissent d'ordinaire après eux.

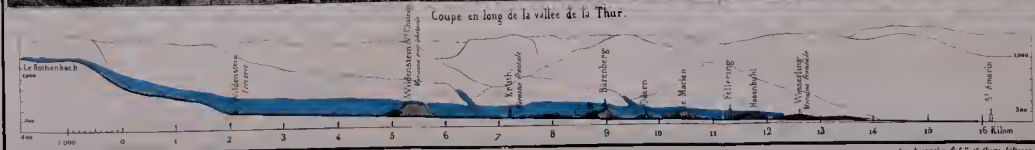
Si nous joignons ces faits à ceux précédemment exposés sur le même sujet par MM. Le Blane, Hogard et Renoir, et si nous comparons un instant les phénomènes contemporains, produits par

CARTE DU TERRAIN ERRATIQUE de la Vallée de St. Marin. (Haut-Rhin) PAR EDOUARD COLLOMB.

- Légende —
- Glaciers anciens
 - Moraines anciennes
 - Rives ératiques
 - Accumulation de débris glaciaires
 - Roches polies et striées



Coupe en long de la vallée de la Thar.



des causes actuellement existantes, avec les phénomènes des temps passés que nous venons de voir, nous trouvons une similitude frappante entre les produits actuels des glaciers des hautes régions et nos moraines, nos blocs et débris disposés par bandes horizontales, nos roches burinées et nos galets striés, et nous sommes naturellement amené à conclure que les vallées des Vosges ont été occupées par d'immenses glaciers à une époque géologique comparativement récente.

M. Pomel communique l'extrait suivant d'une lettre de M. Bravard *sur les animaux fossiles de l'Auvergne*.

M. Bravard m'annonce qu'il vient de découvrir un squelette presque entier de mastodonte dans un nouveau gîte de la montagne de Perrier, où il était accompagné d'une espèce nouvelle de cerf.

« Ce mastodonte, dit-il, diffère bien évidemment de celui de l'Ohio; d'abord sa taille est de $\frac{1}{5}$ au-dessus de tout ce qu'on connaît de plus grand, et ce que je possède indique une formule dentaire semblable pour les deux mâchoires : une molaire à 6 pointes suivie d'une à 8 pointes en haut comme en bas; les pointes sont usées en losanges comme dans l'espèce de l'Ohio. M. Pichot, naturaliste au Puy, vient aussi de découvrir une espèce de mastodonte dont l'arrière-molaire aurait en haut et en bas 10 pointes, et serait précédée d'une molaire à 6 pointes, quoique les dents qu'il possède soient plus petites que celles de mon squelette et usées de même en losanges. Voilà donc deux mastodontes dont les dents ont le même nombre de pointes aux deux mâchoires; notre petit mastodonte nous avait déjà offert ce caractère. Ne serait-il pas raisonnable d'admettre qu'il appartient à tous les mastodontes, et que celui de Cuvier, d'après Peale, a été formé avec deux espèces différentes? Le tibia a 85 centim. de hauteur; le fémur, que je n'ai pas encore tout-à-fait remonté, a 1^m,50 environ.

» Je viens aussi de faire la découverte d'un pied de derrière bien complet de mon genre *Cainotherium*; il a quatre doigts terminés par des phalanges onguéales pyramidales. Les deux latéraux sont plus courts que les autres, de telle manière que cet animal, comme les dichobunes, marchait sur deux doigts; mais je crois que les deux autres n'étaient pas recouverts par la peau.

» Je ne puis être d'accord avec vous en ce qui concerne la faune de nos terrains d'alluvion de l'Auvergne et sa division en deux époques. Mes recherches nombreuses m'ont amené à admettre trois faunes différentes et bien caractérisées. La première, que je

désigne sous le nom de mastozoïque, à cela de particulier qu'elle est antérieure au cheval et à l'hippopotame. La seconde (éléphantique) renferme ces deux animaux et présente des types plus rapprochés des formes actuelles; aucune des espèces de la première n'a pénétré dans la seconde. La troisième (diluvienne) est caractérisée par l'absence du rhinocéros, de l'éléphant, de l'hippopotame, et se rapproche encore plus des types actuels; quelques espèces de l'époque éléphantique ont pénétré dans cette dernière: ex.: le cheval, le cerf tarandoïde, le canis juvillacus, etc., etc.

» Gisements. 1^{re} faune: les Étouaires, Ardé, Crosroland et le Creux-de-traverse, appartenant tous à la montagne de Perrier.

2^e faune: attérissements de Champeix, Veneix, la Tour-de-Boulade, Tormeil, Paix, Malbatu, les Peyrolles, etc.

3^e faune: les cavernes ou fentes de Coudes et les alluvions sous-volcaniques de Neschers. »

M. Bravard termine sa lettre en disant qu'il rejette la contemporanéité de l'homme et des deux dernières faunes; car les squelettes humains de la montagne de Denize, près le Puy, dont on a récemment annoncé la découverte aux Sociétés savantes, ont été fabriqués par un adroit industriel, qu'on a pris en flagrant délit de fabrication d'un nouveau bloc. Les marques singulières que portent certains bois de renne sont aussi attribuées à la dent des carnassiers par M. Bravard, qui prétend en avoir observé de pareilles sur des bois de cerf d'Ardé et des Étouaires.

M. Pomel lit ensuite le travail suivant.

Quelques nouvelles considérations sur la paléontologie de l'Auvergne, par A. Pomel.

Observations préliminaires.

Le bassin de l'Allier est devenu célèbre depuis quelques années par la découverte qu'on y a faite de prodigieux amas d'ossements fossiles de mammifères, d'oiseaux et de reptiles. M. Bravard, premier auteur de cette découverte, et MM. Croizet, Jobert, Devèze, Bouillet, De Laizer, etc., se sont surtout occupés et s'occupent encore aujourd'hui pour la plupart de la recherche de ces débris d'anciennes générations et de leur détermination.

MM. Devèze et Bouillet publièrent les premiers en 1827 quelques dessins assez peu exacts des pièces récoltées par eux et de quelques unes de la collection de M. Bravard. L'année suivante, celui-ci, de concert avec MM. Croizet et Jobert, entreprit la publi-

cation descriptive et iconographique des espèces jusqu'alors recueillies, dans un ouvrage ayant pour titre : *Recherches sur les ossements fossiles du département du Puy-de-Dôme*. Peu de temps après, s'étant séparé de ses collaborateurs, après avoir dessiné lui-même la plupart des planches alors parues, il publia dans sa *Monographie de la montagne de Perrier* deux espèces de *Félis* (*F. cultridens* et *F. meganthereon*), ainsi qu'un catalogue des espèces reconnues par lui dans les divers gîtes qu'il avait explorés. Le premier volume du texte des *Recherches sur les ossements fossiles*, etc., parut peu de temps après, publié par MM. Croizet et Jobert, et fit connaître les caractères des pachydermes et des carnassiers des terrains meubles, tandis que de nouvelles planches complétaient en partie l'iconographie des ruminants du genre Cerf. Celles-ci sont tout ce que nous avons du second volume, dont le texte est et restera probablement inédit, maintenant que les matériaux de cette publication font partie des riches collections du Muséum de Paris.

Jusqu'alors on n'avait cité pour les fossiles des terrains lacustres plus anciens, qui ont comblé la grande excavation tertiaire de l'Auvergne, que des noms génériques, parfois même erronés (Hippopotame ex. Croiz. et Job.) dans des listes publiées par M. Bravard, MM. Croizet et Jobert, et par G. Cuvier dans un rapport à l'Institut sur les découvertes faites par ces messieurs dans les terrains de l'Auvergne. M. E. Geoffroy-Saint-Hilaire parla le premier avec quelques détails des mammifères fossiles de ces terrains trouvés aux environs de Saint-Gerand-le-Puy, et crut devoir créer pour quelques uns d'eux les genres *Potamotherium* et *Dremotherium*; il y reconnut en outre des espèces d'*Anoplotherium* (*Cainotherium*, Brav. *Oplotherium*, de Laiz.), des Crocodiles, Tortues, oiseaux, etc. Après lui, MM. de Laizer et de Parieu firent de concert et successivement connaître plusieurs types remarquables (*Hyenodon*, *Plesictis*, *Oploterium*, *Archeomys*) dans des mémoires présentés à l'Institut et imprimés dans divers recueils. M. Jourdan fit connaître par la même voie quelques rongeurs nouveaux.

Enfin, M. de Blainville, dans son *Ostéographie*, décrit toutes les pièces déjà figurées ou qu'il a en nature, mais avec des idées théoriques et dans un système que nous ne pouvons admettre. (Nous essaierons de démontrer ailleurs que les listes des espèces associées, données par cet anatomiste, sont en partie inexactes, et que les indications géologiques et de localités laissent aussi à désirer.)

Si à cet exposé historique des publications paléontologiques sur le bassin de l'Allier on ajoute des notes de M. Croizet, le plus

souvent indicatives des genres et du nombre des espèces de certains gisements, ainsi qu'une description de quelques débris récoltés dans la partie supérieure de la vallée de l'Allier par M. Bertrand de Doue, on aura une idée de l'ensemble des travaux relatifs à ce sujet publiés avant 1844.

Dans ces diverses publications on peut voir que les auteurs se sont surtout occupés de la détermination des fossiles, et n'ont attaché qu'une importance secondaire aux circonstances particulières des gisements, et qu'ils se sont contentés de considérer les terrains fossilifères de la Limagne comme divisés en deux classes comprenant, l'une, les couches plus ou moins solides de sédiments lacustres; l'autre, la plus récente, les dépôts meubles, souvent à débris volcaniques, où avaient été faites les premières découvertes paléontologiques dans cette contrée. La première de ces deux époques était certainement bien établie; mais comme on n'avait pas géologiquement comparé les dépôts qui s'y rapportent aux autres gisements tertiaires alors connus, on n'avait pas pu reconnaître la cause des différences spécifiques, génériques même, qu'ils présentaient; ce qui avait rendu bien extraordinaire l'apparente localisation de leur forme dans le bassin de l'Auvergne à l'exclusion de celui du Velay. Au contraire, l'époque la plus récente, comprenant sous la dénomination vague de terrains meubles une série de dépôts plus ou moins morcelés et polymorphes, était loin d'avoir la même exactitude, comme nous l'avons démontré dans un mémoire précédent dont celui-ci peut-être en partie considéré comme le développement. Cependant, il faut le dire, ces divisions n'avaient pas été faites pour les fossiles; elles paraissaient naturellement en rapport avec les caractères géologiques généraux de la contrée, et par conséquent on n'en avait tiré aucune induction importante sous le rapport du groupement en faunes particulières des espèces reconnues dans chacune de ces divisions. Ajoutons encore qu'à l'époque où ces divisions furent créées, elles étaient assez rationnelles; car on connaissait trop peu de chose du système que nous avons reconnu et décrit, pour lui attacher quelque importance, un seul gîte des dépôts meubles ayant été assez bien exploré.

Mais depuis lors des recherches nouvelles avaient amené à des idées nouvelles, imprimées ou non, et bien éloignées même de l'existence de deux faunes seulement : chaque gîte, en effet, aurait offert ses espèces particulières, et les associations de proche en proche qui auraient pu les faire grouper entre eux avaient échappé à l'observation, à cause certainement de la connaissance imparfaite que

l'on en avait. Cette absence apparente de liaison entre les faunes des diverses localités fossilifères avait paru moins importante pour les terrains lacustres, parce que leur contemporanéité sur les divers points du bassin ne pouvait être mise hors de doute, qu'on avait trop peu de matériaux de ces terrains, et que les espèces, en général petites, pouvaient plus facilement échapper aux recherches ; mais elle avait étonné bien davantage dans les dépôts meubles plus morcelés, plus variables de composition et de gisement, et où les débris plus volumineux pouvaient s'observer et se récolter bien plus facilement. Elle aurait dû cependant paraître assez naturelle ; car, comme nous l'avons déjà dit, à l'exception d'un seul gisement, sans contredit le plus riche que l'on connaisse, les divers dépôts avaient été très peu et même pour la plupart non exploités, ce que l'on en connaissait consistant en quelques pièces isolées trouvées à la surface après les inondations des torrents ou les travaux des hommes. Il est même à remarquer que le plus grand nombre de ceux qui auraient pu éclaircir la question n'avaient pas encore fixé l'attention, parce que tout dans leurs caractères semblait attester que leur formation était des plus récentes et pour ainsi dire actuelle, apparence tout-à-fait trompeuse, comme nous l'avons reconnu plus récemment. Ajoutons que la connaissance plus parfaite des caractères d'association des espèces fossiles de ces terrains a été en partie empêchée par la méthode de détermination des paléontologues de la contrée, qui exagérant les principes établis par Cuvier, ne tenait plus aucun compte des variations individuelles, et faisait par conséquent considérer les espèces comme nouvelles pour la plupart, et ne permettait pas de reconnaître les identiques des gisements d'autres contrées. Partant des travaux qui avaient été faits jusqu'alors, je fus naturellement conduit à partager en partie ces opinions erronées, résultat d'observations imparfaites. Cependant, comme il y avait là des phénomènes trop différents de ceux observés dans d'autres contrées riches en débris fossiles, je voulus approfondir la question et faire disparaître les doutes qui s'étaient élevés dans mon esprit, et je consacrai plusieurs années d'études exclusives à la connaissance détaillée des divers gisements de fossiles vertébrés, particulièrement de ceux des terrains meubles, souvent aidé dans ces recherches par les conseils de M. Bravard, avec lequel j'ai exploré un grand nombre d'entre eux ; je fus ainsi conduit à reconnaître trois divisions bien tranchées entre ces dépôts autant par les caractères géologiques que zoologiques, et convaincu par l'observation de la non-spécialité de plusieurs espèces à l'Auvergne, je pus apercevoir une certaine concordance

entre ces divisions et celles généralement admises par les géologues pour l'ensemble des formations géologiques.

La plus ancienne de ces divisions, comprenant dans une même faune toutes les espèces des terrains lacustres du Velay et de l'Auvergne, a tous les caractères de l'époque miocène, et l'on sait que les observations de M. Elie de Beaumont sur les lignes de dislocation l'avaient conduit à ranger ces terrains dans cette même époque avec ceux de la Loire et de la Beauce.

La seconde, comprenant seulement les espèces enfouies dans les alluvions volcaniques inférieures aux conglomérats ponceux de la montagne de Perrier, est bien certainement une faune de l'époque pliocène, comme le démontre l'analogie de ses espèces, je dirai même la ressemblance parfaite d'un grand nombre d'entre elles avec celles des terrains subapennins de la Toscane. M. Rozet, avec lequel nous avons eu le plaisir de faire quelques courses en Auvergne, a de même été conduit à considérer les phénomènes basaltiques de l'Auvergne comme une dépendance immédiate et synchronique du soulèvement des Alpes, dans la chaîne du Valais en Autriche, dislocation qui a, comme le démontre le savant professeur du Collège de France, mis fin au dépôt des terrains subapennins. Les espèces contemporaines de ce grand phénomène ayant vécu pendant la période pliocène, sont donc celles qui ont dû laisser leurs débris sous les plus anciens produits de ces épanchements basaltiques.

La troisième faune, la plus récente, comprend les espèces de tous les gisements connus actuellement, autres que ceux précédemment cités; ces gîtes sont nombreux, accidentels, éparpillés sur le sol de l'Auvergne, dans la vallée de la Limagne. Ils sont bien certainement synchroniques du grand phénomène diluvien ou erratique; car ils renferment les mêmes espèces que les terrains de ce dernier genre, quoiqu'ils ne présentent nulle part leurs caractères géologiques et qu'ils soient le plus souvent le résultat d'éboulements lents et partiels de certaines parties peu cohérentes du flanc des collines calcaires ou basaltiques.

Ces opinions discutées, que j'avais en l'intention de communiquer à la Société académique de Clermont-Ferrand, ne le furent en 1842 que par le titre d'un mémoire *ad hoc*, communiqué l'année suivante, avec de légères modifications, à la Société géologique, et imprimée dans le Bulletin de ses séances (t. 1, 2^e sér., p. 579). Depuis lors, une étude continuée des ossements fossiles par la communication qui m'a été faite de plusieurs collections de ces dernières espèces surtout, provenant de divers points très distants

les uns des autres de France et même d'Allemagne, m'a convaincu bien mieux encore de l'exactitude de ces divisions, et j'ai même trouvé de nouvelles preuves en faveur de mes idées dans des découvertes plus récentes faites en Auvergne, ou dans la connaissance d'anciennes pièces dont j'ignorais alors les caractères parce qu'elles étaient inédites.

Émettant ainsi des opinions (appuyées de preuves) bien différentes de celles des naturalistes habitant l'Auvergne, je devais m'attendre à trouver des contradicteurs plus ou moins tacites parmi eux. M. Bravard, en effet, dans la lettre qu'il m'a fait l'amitié de m'écrire, annonce qu'il ne peut adopter ma classification, et prétend reconnaître trois faunes différentes, indépendamment de celle des dépôts lacustres; je m'aperçois cependant que M. Bravard a modifié dans mon sens ses idées théoriques et qu'en réalité nous n'avons pas des opinions bien différentes; je dirai même que je suis heureux de voir un géologue aussi bon observateur que M. Bravard, et surtout connaissant aussi bien l'Auvergne, venir corroborer mes observations par les siennes; car il nous sera facile de démontrer, par la discussion qui va suivre, que les faunes éléphantique et diluvienne, comme les nomme M. Bravard, ne sont que les parties d'un même tout, différentes en apparence et seulement par des caractères négatifs dont la cause est facile à trouver. Dans cette discussion, il ne sera nullement question de la faune miocène, dont je me propose d'exposer les caractères avec détail dans un mémoire sur de nouveaux fossiles découverts par M. Poirier dans le département de l'Allier, et communiqués à l'École des mines pour l'étude et la détermination; de même je m'étendrai assez peu sur la faune des terrains sous-volcaniques et conglomérés de la montagne de Perrier, puisque je la limite exactement comme M. Bravard; mais j'attirerai l'attention de la Société sur quelques observations non consignées dans ma précédente note, et cependant bien remarquables, soit sur l'extension de cette faune dans les terrains basaltiques, soit sur quelques caractères zoologiques en rapport avec une théorie récente sur l'état climatérique du globe à la dernière époque géologique.

Prouvons d'abord qu'il n'existe qu'une faune, faune diluvienne, postérieure à celle pliocène de Perrier, improprement nommée mastozoïque par M. Bravard, puisqu'il existe des Mastodontes dans les terrains miocènes, avec les *Dinotherium* qui s'en rapprochent un peu (par ex. à Sansans). Nous ferons d'abord remarquer que M. Bravard, après avoir dit qu'il n'existait aucune espèce commune entre ses deux premières faunes, caractérisées, la première

par le Mastodonte et l'absence de l'Éléphant, du Cheval, de l'Hippopotame, etc.; et la seconde, par la présence de ces derniers genres, dit que plusieurs espèces de cette dernière passent à la troisième, ou plus récente, caractérisée aussi par l'absence des mêmes genres et en outre du Rhinocéros. Lorsque nous aurons prouvé que les espèces communes aux deux faunes sont les plus importantes et que l'absence des genres précités est inhérente aux conditions géologiques du gisement, on ne pourra tout au plus trouver entre ces faunes que des différences équivalentes à celles que présentent, pour les mollusques par exemple, deux couches superposées de composition minéralogique différente, appartenant à la même subdivision d'étage, au même ensemble de dépôt, et qu'on ne pourrait jamais songer à séparer géologiquement.

Deux faunes fossiles peuvent être jugées différentes lorsque, connues dans un grand nombre d'espèces, elles peuvent être comparées entre elles par des types analogues génériquement quoique spécifiquement dissemblables; car on a alors deux séries parallèles ou à peu près opposables d'espèces, plus ou moins voisines, qui composent chacune un ensemble zoologique rationnel, et il est de toute évidence qu'on ne peut alors admettre, comme communes à ces deux séries, que des espèces, soit douteuses par connaissance imparfaite, soit incertaines par insuffisance de caractères ostéologiques, comme dans les lièvres, chevaux, etc., de notre faune actuelle. Or, il n'en est pas ainsi pour les deux faunes proposées par M. Bravard sous les noms d'éléphantique et de diluvienne, puisqu'il va résulter, de l'examen suivant, que les espèces qui passent de l'une à l'autre sont certainement bien caractérisées, nombreuses et importantes à considérer sous un grand nombre de rapports.

Établissons d'abord notre proposition pour nos deux faunes, telles que nous les concevons divisées en pliocène et diluvienne : premièrement pour les carnassiers. L'Ours Arvernien des Étouaires et d'Ardé, semblable à l'*Etruscus*, est bien certainement différent de celui de Neschers et de Champeix, puisque M. de Blainville lui-même le considère comme espèce particulière, tandis que le second, confondu avec le *Spelæus*, est identifié par lui, à tort selon nous, avec l'Ours commun (*U. arctos*). Les *Canis spelæus* de Juvillac, *Neschersensis* d'Anciat (*C. spelæus minor*) et *Vulpes fossilis*, qu'on a trouvés dans bien d'autres cavernes, sont bien différents du *C. megamastoides* de Perrier, qui se rapproche beaucoup des *C. cancrivorus* et *brachyotos*. Les Martes, représentées par le sous-genre putois (4 espèces voisines des *M. putorius*, *furo*, *nudipes* et *vulgaris*)

dans le diluvium, sont certainement bien différentes aussi de la Marte vraie, que nous décrirons sous le nom de lutroïdes et du Zorille découvert récemment par M. Bravard dans les gisements d'Ardé. Notre *Lutra Bravardi* de ce dernier gîte ne peut être confondue avec celle des cavernes (non trouvée en Auvergne). Les Hyènes connues de Perrier, dont une retrouvée en Toscane, ne peuvent être comparées non plus avec celles de Saint-Privat et de Tormeil, identiques avec l'*Hyena prisca* des cavernes, quoique M. de Blainville n'ait trouvé entre les H. rayée, Arvernienne, ancienne et brune, aucune différence spécifique. Il en est de même pour les Felis, dont le curieux sous-genre Stenodon, retrouvé récemment au Brésil dans une de ses espèces la plus grande, et la plus remarquable par des particularités de son organisation, est propre en Auvergne aux terrains pliocènes, et dont les autres ne peuvent être confondues avec le Felis plus récent de la Tour-de-Boulade et de Coudes, plus voisin d'une espèce de Lunel-Viel, F. serval (Marcel de Serre), improprement identifiée avec cette espèce vivante.

Les pachydermes et ruminants nous offriront des oppositions plus frappantes; car le Mastodonte d'Auvergne, réuni à tort, suivant nous, par M. de Blainville avec le *longimaxillaris* de Sansans et d'Eppelsheim, est remplacé dans la faune diluvienne par l'Éléphant, sans que les débris de ces deux genres soient jamais associés, comme il paraît du reste qu'il en est de même normalement dans toutes les autres contrées où des confusions analogues à celle qui a eu lieu en Auvergne ont bien pu tromper les observateurs, et surtout ceux qui n'en ont pas parlé *de visu*, comme c'est probablement le cas pour le val d'Arno supérieur. En Auvergne, en effet, tous les ossements d'Ardé et des Étouaires, rapportés à l'Éléphant, sont de Mastodonte, et celui-là ne doit conserver des gisements voisins, comme lui ayant appartenu, que les débris de Malbatu, décrits dans l'ouvrage de MM. Croizet et Jobert. Il est aussi impossible de confondre ensemble le *Rhinoceros tichorhinus* de notre dernière faune, aux formes lourdes et trapues, avec le congénère svelte et élancé des terrains pliocènes de l'Arno et de Perrier. Si nous voulions employer des caractères négatifs, nous en trouverions de bien remarquables dans l'exclusion de ces derniers gîtes du Cheval et de l'Hippopotame, et au contraire de ceux-là du Tapir; phénomènes analogues à ceux observés dans d'autres régions, qui nous ont aussi conservé les charniers des antiques espèces qui les peuplaient. Pour les Cerfs, notre tâche sera bien plus facile encore; car ces nombreuses espèces

pliocènes découvertes et même à découvrir, comme l'indiquent journellement les recherches continuelles des paléontologistes de la contrée, n'ont aucune ressemblance réelle, aucune analogie, sinon forcée, avec nos espèces actuelles, surtout européennes; tandis qu'il n'en est pas de même pour celles bien moins nombreuses de notre dernière faune fossile, qui, d'après la méthode de M. de Blainville, rentreraient même probablement dans les types actuels de notre continent, et dont une espèce est bien réellement identique avec une de nos jours, comme nous le dirons plus tard. Les Bœufs enfin sont toujours caractérisés dans nos terrains pliocènes par des formes sveltes, qui en feraient plutôt des Antilopes, si on ne connaissait pas les appendices de leurs frontaux, tandis que, semblablement à ce qui se passe pour les Rhinocéros, les Bœufs de la faune subséquente ont pris des formes lourdes et pesantes, bien plus exagérées que celles même de certaines de nos races domestiques. Les premiers sont des Aurochs, et même des Aurochs-Antilopes; la seconde des Bœufs urus, c'est-à-dire de la division, et, d'après Cuvier, de la souche de nos bœufs domestiques. Malheureusement, les rongeurs ne peuvent nous fournir des preuves aussi évidentes, par l'ignorance où nous sommes des formes caractéristiques de leurs diverses espèces; toutefois l'*Arctomys* de Perrier étant différent de l'espèce du diluvium parisien trouvée par M. Duval, laquelle espèce paraît se rapprocher beaucoup, sinon être identique avec celle des formations synchroniques du diluvium de l'Auvergne, nous y trouvons encore une confirmation de la loi démontrée par les comparaisons précédentes; et à la rigueur, quand même une connaissance plus parfaite de nos Lièvres et Campagnols des deux terrains ne nous ferait connaître aucune différence appréciable, il est évident que la difficulté d'appréciation de la dégradation des espèces, ou, pour m'exprimer dans un autre système, des modifications spécifiques, étant bien plus grande et même insurmontable avec les seules parties osseuses dans des genres si nombreux en espèces et où les extrêmes sont cependant si voisines, ne permettrait nullement d'attacher quelque valeur à cette légère anomalie.

Maintenant, pour démontrer que les mêmes conditions de non-identité spécifique n'existent pas pour les deux dernières faunes de M. Bravard, passons en revue la liste des espèces en indiquant les localités où elles ont été recueillies, et, dans l'occasion, quelques uns de leurs caractères essentiels pour une appréciation plus exacte de leur importance. Nous reviendrons sur certaines considérations géologiques, relativement à l'époque d'ap-

parition de notre faune diluvienne en Auvergne, et alors nous donnerons les caractères des principaux gîtes ossifères, de ceux signalés par M. Bravard dans sa lettre, et dont les noms topographiques sont pour sa faune éléphantique Champeix, les Peyrolles, Torneil, Malbatu, Paix, la Tour-de-Boulade, en y ajoutant Anciat d'après nous, et pour sa faune diluvienne Neschers et Coudes, localités disposées en ceinture autour des dépôts plus anciens de la fameuse montagne de Perrier.

L'Éléphant, présentant les deux états qu'on a nommés *E. primigenius* et *E. meridionalis*, lesquels, d'après M. de Blainville, ne font qu'une espèce, que cet anatomiste, en suivant ses principes opposés à la méthode de Cuvier, considère comme identique avec l'Éléphant des Indes encore vivant, n'est encore bien positivement connu que par les débris découverts à Malbatu et des pièces éparses récoltées dans le grand dépôt marno-volcanique ou alluvial de la grande plaine qui s'étend au pied de la chaîne des Dômes. Cependant des fragments d'ivoire indiquent aussi sa présence dans les gîtes de Paix et de la Tour-de-Boulade; peut-être a-t-il été trouvé aussi plus récemment par M. Bravard, si notre mémoire ne nous trompe, dans le dépôt de Champeix.

L'Hippopotame n'a encore été trouvé, à ma connaissance, que dans les alluvions tufacées plus récentes de Torneil et des environs de Montaigu (?), et encore n'est-il connu que par des débris assez rares (dents, péroné, astragale, etc.), qui tendent à le faire identifier à l'espèce diluvienne.

Le Sanglier ou Cochon y est aussi assez rare, et ses débris connus proviennent soit de la Tour-de-Boulade et de Coudes, peut-être aussi des Peyrolles (indiqué par un os du carpe), soit de la vallée inférieure de l'Allier, dans une caverne du Bourbonnais, avec le Renne, le Blaireau, etc., par un individu non adulte et par conséquent non caractérisable.

Le Rhinocéros, au contraire, paraît avoir été plus commun, car il a été reconnu à Champeix, à Malbatu, à Paix, à la Tour-de-Boulade, à St-Privat (Haute-Loire), dans la vallée supérieure de l'Allier et un peu plus au nord aux environs de Clermont-Ferrand, et toujours par des débris qui se raj portent, en raison d'abord de leurs formes brèves et lourdes, au *Rhinoceros tichorhinus*, le même qui est abondamment répandu dans l'alluvion de toute notre Europe et jusque dans les glaces polaires avec l'*Elephas primigenius*.

Le Cheval présente ici, comme ailleurs, le fait remarquable

de son abondance dans tous les gisements de ce système zoologique par deux espèces, ou deux races si l'on veut : l'une, grande et robuste, de Champeix, Paix et des Peyrolles ; l'autre, plus petite et plus svelte, de Paix aussi, de la Tour-de-Boulade, de Coudes, (sésamoïdes seulement), de Nesehers, de Malbatu et de plusieurs autres localités moins importantes, soit plus au sud ; soit plus au nord, seules ou accompagnées de quelques unes des espèces de la même faune. Sont-ce des espèces perdues ou deux variétés de la même espèce, ou bien doit-on dans ce cas la considérer comme la souche de nos chevaux domestiques ? C'est ce que l'ostéologie ne peut nous apprendre, du moins par les pièces que nous en connaissons : cependant un peu plus de brièveté de la barre, de la mandibule, indique une tête plus courte pour l'espèce ou la race plus petite, et il est à noter ici que sur plus de cinquante individus peut-être, recueillis tous dans le même gîte de la Tour-de-Boulade, on ne remarquait aucune différence de taille, pas même pour les os les plus longs, qui oscillaient entre des différences de 2 à 5 millim. en plus ou en moins. Dans l'opinion de M. Bravard, si elle n'est pas modifiée depuis peu, toutes les espèces fossiles étant différentes des actuelles lorsqu'elles sont assez parfaitement connues, l'analogie doit faire considérer les autres comme différentes aussi, mais seulement alors par des caractères dont l'appréciation ne tombe pas sous nos sens ou simplement extérieurs. Mais comme il existe certainement des espèces encore vivantes dans cette ancienne création, comme nous le démontrerons, les opinions théoriques, vraies ou fausses, de M. Bravard ne peuvent trouver ici leur application ; il faut donc rester dans le doute jusqu'à plus ample informé.

De tous les ruminants de cette faune, le plus remarquable, après le Renne cependant, est certainement cet énorme Bœuf si différent de l'Aurochs par l'implantation de ses cornes et ses membres épais, que, sous le nom de *primigenius*, on considère, d'après Cuvier, comme la souche de nos Bœufs domestiques, mais sans raisons suffisantes cependant. Il est répandu avec abondance dans ces charniers épars qui ont conservé les débris des espèces diluviennes en Auvergne, depuis les parties hautes de la vallée à St-Privat-d'Allier jusqu'au-delà de Moulins, dans les parties les plus basses, et, pour citer quelques localités plus précises, à Paix, la Tour-de-Boulade, les Peyrolles, la Maison-Blanche-de-Par-dines, St-Yvoine, Montpeyroux, Coudes, Champeix, Gergovia, Clermont, Sarliève, Aubière, Chatelperron (Allier), etc., c'est-à-

dire presque partout où l'on trouve des ossements fossiles, ayant presque cela de commun avec le Cheval, et moins généralement cependant avec le Renne, dont nous allons parler.

Un autre bœuf, mais plus rare, moins trapu, paraît être plus voisin de notre espèce actuelle dans l'ensemble de ses proportions; ses ossements ont été recueillis à Neschers, à Coudes et peut-être aussi à Torneil et aux Peyrolles. Une troisième espèce encore plus douteuse, trouvée seulement à la Tour-de-Boulade, du moins certainement, a toutes les formes de celle des cavernes d'Oreston découverte par M. Clift et décrite sous le nom de *Bos minutus*, c'est-à-dire une grande analogie avec la petite race actuelle des Zébus.

J'ai fait connaître dans un mémoire lu à l'Institut en 1844 un bouc gigantesque sous le nom de *Capra Rozeti*, qui appartient à cette faune, ayant été trouvé à Malbatu avec l'Eléphant et le Rhinocéros, mais seulement encore dans ce gisement.

Les moutons ont certainement existé alors par une espèce extrêmement voisine de la nôtre dans ce que l'on en connaît; ses débris ont été recueillis ou observés à la Tour-de-Boulade, à Coudes, à Neschers, Obière, Chatelperron, mais rarement assez entiers pour être comparés avec fruit aux analogues vivants. Je ne sache pas qu'on ait observé plus de quatre Cerfs certains dans cette faune; le premier est cette espèce si voisine du Cerf élèphe, que l'on trouve dans un grand nombre de dépôts des vallées de l'Europe, toujours dans le diluvium ou les terrains synchroniques. C'est celui que M. Marcel de Serres nomme *C. intermedius* parce qu'il présente des caractères communs à l'espèce vivante précitée et aux *Cervus strepsiceros* ou *Canadensis*, caractères plus apparents cependant dans les parties non étudiées par M. de Serres, dans les modifications de la palmure, qui se tient plutôt dans les formes du *Canadensis* en s'aplatissant cependant davantage, et offrant une sorte de passage, quoique éloigné, aux formes du Daim actuel. Les gîtes où il a été observé sont ceux de Paix, la Tour-de-Boulade, Usson, Saint-Yvoine, la Maison-Blanche-de-Pardines, Champeix, les Peyrolles, Malbatu, Gergovia, Clermont (près de Durtol), Sarliève, Neschers, etc.

C'est par erreur que le nom de M. le consul général de France à Palerme a été omis page 101, à la suite de la lettre par laquelle M. le baron de Cussy offre ses services à ceux des membres de la Société qui iront visiter la Sicile.

C'est par erreur aussi que, page 128, ligne 3, on fait dire à M. de Wegmann que les *karren* sont un effet des eaux *naturelles*; il faut lire *eaux actuelles*.

Un Cerf de la division des hippelaphes, assez semblable par la taille et le bois au Cerf de Péron, a été trouvé aussi, mais dans un seul de ces gîtes, celui des Peyrolles. Le Chevreuil existait-il réellement aussi dans cette faune diluvienne? c'est ce que nous ne pouvons assurer d'après des pièces trop incomplètes de Coudes qu'on pourrait lui rapporter.

La même incertitude n'existe pas à l'égard du Renne, qui en a fait certainement partie par une espèce qui est indubitablement la même que celle de nos jours, mais que pour les raisons précitées M. Bravard nomme *C. tarandoides*.

Cuvier, d'abord dans les fragments qu'il en avait de Brengues et d'Étampes, ne put trouver aucune différence spécifique entre le vivant et le fossile, de sorte qu'il termine son article par un doute sur la non-identité de ces animaux. Plus tard, M. Puel, par des considérations autres que les nôtres, reprenant les débris trouvés à Brengues et ceux qu'il y avait récoltés lui-même, émit aussi l'opinion non seulement de l'extrême analogie du Renne vivant avec le fossile, mais même de leur identité spécifique, dans un travail présenté à l'Institut (*Comptes-rendus*, t. VI, p. 299, et t. XI, p. 390) et que (dans son article *Cavernes* du Dictionnaire d'Orbigny) M. Desnoyers me rapporte en confondant nos noms, sans doute à cause de l'analogie d'orthographe.

J'ai démontré aussi, dans une note sur les collines du Teiller et de la Tour-de-Boulade, que le fossile ne présentait pas seulement des ressemblances avec le Renne dans ses formes générales de ruminant qui lui sont communes avec les autres Cerfs, mais aussi et d'une manière plus exacte peut-être dans toutes les particularités ostéologiques qui le distinguent ainsi, lui seul de tout ce genre, des autres espèces si uniformes, si semblables entre elles dans toutes leurs parties, hors les bois. L'inconstance des formes et des dimensions dans les bois est aussi grande dans le fossile que dans le vivant; les bois eux-mêmes ne sont jamais portés par un vrai pédicule, comme dans tous les autres Cerfs; ils naissent sans couronne tuberculée d'une tubérosité des frontaux, brève même dans les sujets jeunes; les molaires n'ont plus constamment cette pointe caractéristique entre les convexités des cylindres, et leurs replis d'émail moins serrés ne se réunissent jamais bien complètement dans le sillon où se trouve la pointe, de manière qu'ils dessinent souvent sur la coupe une sorte de lame repliée en 8 dont les extrémités ne se réunissent pas et ne produisent pas d'entrecroisement; forme par conséquent la plus simple du genre, qui nous donne une idée de la structure générale des dents de cet ordre. Les molaires inférieures sont plus

étroites et plus semblables à celles des Moutons ou Antilopes. Les pieds, indépendamment du plus de profondeur dans le sillon des métacarpiens et des métatarsiens, comme l'a signalé Cuvier, et d'élargissement transversal de leur articulation inférieure, ont leurs phalanges onguéales, non pas droites et subpyramidales comme dans les Cerfs ordinaires, mais courbées, à pointes convergentes et très élargies, sans doute pour présenter au bord antérieur, non pas une pointe, mais une ligne courbe formée par le bord externe subtranchant des phalanges; modification appropriée au sol le plus souvent couvert de glace qu'ils habitent actuellement dans tout l'ancien continent. Tous ces caractères si remarquables ont été reconnus et observés facilement sur les débris fossiles; car il semblerait que la nature, en les conservant d'une manière plus particulière, ait ainsi voulu travailler à notre enseignement. Ces caractères polymorphes du bois et des dents ont servi à la création de plusieurs espèces lorsqu'on les a envisagés sous le point de vue des formes générales des Cerfs. Ainsi les *Cervus pseudo-Virginianus* et *coronatus* de Lunel-Vieil ne sont que des formes individuelles du Renne, du moins les bois qui ont servi à les caractériser. M. Bravard avait aussi distingué au moins deux espèces, si notre mémoire ne nous trompe, dans les bois de la Tour-de-Boulade indépendamment de ceux de Neschers; mais il paraît qu'il a abandonné cette manière de voir pour adopter la mienne, puisqu'il dit que le *Cerf tarandoïde* est commun aux faunes élephantique et diluvienne. Les gîtes où les débris de cette espèce ont été observés sont ceux de Paix, la Tour-de-Boulade, Saint-Yvoine, Neschers, Coudes et Clermont; puis, plus au N., Chatehperron (département de l'Allier), et vers le S., mais moins certainement, les scories basaltiques de Saint-Privat (Haute-Loire). Elle est aussi très commune dans le diluvium de toute la France et d'autres pays voisins; j'ai eu occasion de l'observer plus récemment dans le diluvium de la Moselle avec le *Rhinoceros tichorhinus*, l'*Elephas primigenius*, le *Bos primigenius* et le *Cervus intermedius*, et dans une série de fossiles recueillis par M. Jourdan de Saarbruck, sur les bords du Rhin, avec les mêmes espèces. Les débris indiqués comme d'espèces voisines du Renne, soit de Scanie, soit de Kœstritz, etc., ne sont aussi que des formes individuelles de l'espèce encore vivante.

Les Lièvres ont vécu avec les Rennes, et leurs débris trop mutilés ne permettent pas d'y reconnaître des différences autres que celles de dimensions qui se rapportent assez bien à celles des deux espèces de notre pays; peut-être y existe-t-il aussi des Lagomys, mais nous ne saurions l'affirmer d'après les pièces qu'on pourrait

leur rapporter (1). Cependant le Lièvre proprement dit de cette faune paraîtrait avoir eu le crâne plus plat que le nôtre (d'après des pièces d'Obières, près Clermont). Gisements Gresin (sud d'Issoire), Coudes, Neschers, Obières.

Les Marmottes (*Arctomys*) sont représentées par deux espèces, dont une, très voisine de celle des Alpes, a été retrouvée par M. Duval à Paris (barrière d'Italie), et dont l'autre, semblable au *Spermophile* ou peu différente, existe aussi aux environs de Paris, d'après M. Desnoyers. La première est de Champeix (*ex. Bravard*), et de Chatelperron, la seconde de Coudes, Neschers et Paix.

Le Hamster est indiqué aussi par des humérus percés au condyle interne ; mais l'absence de mâchoire ne permet pas de confirmer ce rapprochement. Auraient-ils appartenu à de vrais rats dont une espèce de taille analogue est caractérisée par des mandibules et mâchoires ? Ce serait alors une espèce bien différente des nôtres, ce que n'indique pas le système dentaire. Coudes, Neschers.

Quatre Campagnols au moins s'y trouvent aussi réunis ; des deux plus grands, l'un est identique avec celui des brèches de Cette, portant une arête sur le frontal ; l'autre ressemble au Rat d'eau, et les deux autres sont analogues ou identiques avec les petites espèces du pays, ce qu'il est difficile de reconnaître et par conséquent impossible d'affirmer. Gîtes, Coudes et Neschers pour la première ; mêmes gîtes, Champeix, Obière, pour la seconde ; les deux premiers seulement pour les deux autres.

On n'observe pas plus de caractères distinctifs dans quelques insectivores des genres Musaraigne et Taupe de Coudes et Neschers. Cependant un Hérisson des Peyrolles diffère du vivant par une plus grande taille, par des molaires plus épaisses et des membres plus robustes (*Erinaceus major* Nob.).

Je ne parlerai pas de reptiles batraciens et ophidiens, de poissons et d'oiseaux aussi de cette faune, parce qu'ils ne sont pas assez caractérisés.

On reconnaît facilement dans cette association de genres et d'espèces les caractères de la faune fossile la plus récente, celle des brèches calcaires ou sableuses, des cavernes et des alluvions récentes, du diluvium aussi (mais seulement pour ce dernier, des terrains qui se rapportent au vrai phénomène erratique postérieur aux terrains tertiaires les plus récents). Parmi ces espèces, quelques unes se présentent pour la première fois ; mais ce sont les plus rares. Les autres se sont toujours montrées associées entre elles, si ce n'est

(1) M. Bravard nous apprend qu'il a trouvé de vrais *Lagomys* dans ce gîte.

toutes, dans le même gîte, du moins par groupes se liant entre eux par des espèces communes, espèces quelquefois rares lorsque les gisements ont été peu explorés, et encore inconnues sur certains points, ce qui rend alors cette liaison très difficile à reconnaître par leur absence apparente. On a vu aussi que beaucoup de ces espèces sont communes aux deux faunes diluvienne et éléphantique de M. Bravard, et que ces espèces sont souvent celles qui impriment à cette faune un aspect si particulier, c'est-à-dire l'*Arctomys citilus* et le Renne, qui indiquaient, dans ces deux prétendues époques, les mêmes conditions climatiques, conditions assez difficiles à concevoir d'après nos connaissances actuelles sur l'état primitif et les modifications de notre globe terrestre; le *Canis spelæus*, et peut-être le *Neschersensis*, le felis de la taille du Guépard, le Cerf mixte, le Campagnol des Cavernes, le Mouton, le *Bos primigenius*, le Cheval, etc.

Du reste, si nous n'y trouvons pas de ces grandes espèces, sur l'absence desquelles M. Bravard appuie pour différencier ses deux faunes, cela tient, comme nous l'avons annoncé, à des conditions particulières d'enfouissement et de conservation. Ainsi, à Coudes; les ossements sont répandus dans des matériaux de remplissage, ténus ou grossiers, d'espèces de fissures peu profondes ouvertes dans un travertin assez puissant, qui repose directement en assises stratifiées sur un banc de galets basaltiques, trachytiques ou plus rarement quartzeux, à quelques mètres seulement au-dessus du niveau actuel de l'Allier. Ces fissures mêmes ne paraissent être que les intervalles de blocs considérables, détachés de l'escarpement et plus ou moins rapprochés entre eux; leurs dimensions sont donc très restreintes, étranglées, et ne peuvent donner passage qu'à des fragments assez petits. Aussi est-ce toujours dans cet état qu'ont été trouvés les débris des espèces de taille moyenne que nous y avons recueillies; ce sont des dents isolées, souvent même des fragments des os sésamoïdes ou du carpe, les plus petits encore, car ceux que nous y avons vus ne dépassaient guère le volume d'un astragale de mouton, des têtes articulaires épiphysées ou non, mais sans diaphyse ou même brisées elles-mêmes. Comment donc des ossements d'Éléphant, de Rhinocéros, d'Hippopotame, auraient-ils pu entrer dans ces fissures, lorsque ceux du Cheval, du Bœuf, du Renne, du Cerf, du Chien même, etc., n'y ont été introduits qu'à l'état fragmentaire, et entiers seulement lorsqu'ils ont eu le volume, par exemple, des sésamoïdes du premier, des avant-molaires du second, des molaires et phalanges du troisième qui y sont à profusion, etc.? Il y avait donc là impossibilité

réelle d'enfouissement de grosses pièces ; donc l'absence de ces grands animaux ne peut y être considérée comme caractéristique. Il en est de même à Obières, où cependant de véritables fentes de 3 à 4 décim. de largeur ont pu recevoir des ossements entiers et des mâchoires du *Bos primigenius*, des portions de tête même ; mais ce gîte ne renferme que 3 ou 4 espèces, et sa position sur un petit plateau dans une coulée de lave, en l'éloignant des courants, a pu rendre impossible l'introduction sur ce point d'ossements d'autres espèces. A Neschers, les conditions ne sont guère plus favorables qu'au gîte de Coudes ; car c'est encore entre des blocs volumineux de rochers que les os ont été conservés, ou bien le dépôt superficiel argileux qui recouvrait ceux-ci avait une trop faible épaisseur pour recouvrir de grandes pièces : cependant nous dirons que M. Croizet y avait recueilli une grande côte qu'il attribuait au Rhinocéros ; mais nous ne savons si c'était à tort ou à raison. Il y aurait plus de chance de les trouver au-dessous de cette même lave, contre laquelle ils s'adossent à Neschers même, et qui a fourni, par l'éboulement de certaines parties, les blocs entre lesquels sont les fossiles ; mais les gisements de cette dernière sorte sont difficiles à exploiter et ne l'ont pas encore été, si l'on excepte quelques coups de pioche donnés contre des escarpements surplombés par la lave, et par conséquent bien ingrats pour les recherches de ce genre. Je ne doute pas toutefois de la possibilité de la découverte dans ce terrain de quelques pièces de ces animaux, caractéristiques, d'après M. Bravard, de la faune prétendue antérieure à celle-ci. Il est aussi une observation que je dois faire relativement au nombre assez grand, non seulement d'individus, mais aussi d'espèces de petite taille, dont la liste, grossissant un catalogue, fait remarquer davantage l'absence de ces grands animaux. Leur abondance dans les deux gîtes de Coudes et de Neschers, mais surtout dans celui-ci, est due indubitablement à leur accumulation par les oiseaux de proie nocturnes, dont les déjections ont de nos jours la plus grande analogie, par la manière dont les ossements des petits animaux dévorés sont agglomérés en boules et entrecroisés de toutes manières, avec ces petits amas d'os de Campagnols, Musaraignes, Rats, Taupes, Oiseaux, Grenouilles et Ophidiens qui forment encore dans le limon des espèces de boules bien reconnaissables, quoique privées de leur enveloppe de plumes et de poils, et dont le volume est de peu inférieur à celui d'un petit œuf de poule. Évidemment, les anfractuosités des blocs au pied de l'escarpement, ou dans l'escarpement même, ont servi de refuge aux rapaces nocturnes, qui y ont dé-

posé leurs singulières déjections des parties non digérables de leurs victimes, et ces déjections accumulées ont été recouvertes subitement ou successivement par des détritux argileux, sableux et calcaires, qui nous les ont conservés. Dans aucun des gîtes rapportés par M. Bravard à sa faune éléphantique, les mêmes conditions n'ont existé, et il faut dès lors regarder comme tout-à-fait accidentelle et due au hasard la rencontre de Campagnols à Champeix et de Citilus à Paix, qui, par leur taille minime, échappent si facilement, dans des dépôts meubles, aux recherches les plus minutieuses.

Zoologiquement, nous croyons avoir démontré par ce qui précède que l'on ne pouvait admettre la division de M. Bravard pour les faunes de l'Auvergne, qui sont en réalité au nombre de trois, en y comprenant celle des terrains miocènes, et non de quatre, les deux plus récentes de ses trois faunes des terrains meubles devant être réunies comme absolument semblables dans leurs caractères essentiels, pour être assimilées à la faune des cavernes, brèches et alluvions anté-historiques les plus récentes. Cette dernière faune, en effet, présente les mêmes anomalies dans toutes les contrées où les causes d'enfouissement ont été multiples, où le transport des ossements a été opéré de diverses manières, et enfin où il n'y a pas eu simultanéité complète dans la formation des divers gîtes, toutes causes qui de nos jours doivent conduire à des résultats analogues; car l'on sait que l'habitat de certaines espèces est influencé par certaines conditions de nature du sol, d'altitude, de climat et de végétation, qui font que les espèces se confinent naturellement dans certaines parties assez restreintes du sol, et qu'ainsi les associations varient quelquefois à d'assez courtes distances, et même sous les mêmes zones en latitude. En outre, si des circonstances bizarres ont donné quelque apparence de division dans cette faune étudiée en Auvergne, il est bien difficile d'y attacher quelque importance lorsqu'on étend ses observations à tous les dépôts contemporains d'autres contrées, où les espèces de chacune de ces divisions apparentes s'associent de manière à lever tous les doutes sur leur contemporanéité.

Géologiquement même, cette division de la faune diluvienne vraie est inadmissible, parce que les deux gîtes qui caractériseraient la dernière époque ne peuvent pas, sous ce rapport, être différenciés d'un troisième des mieux caractérisé sous le rapport zoologique; celui de Paix au S. d'Issoire. En effet, les ossements sont sur ce dernier point conservés dans une couche sableuse, un peu calcaire, assez peu étendue, qui repose sur un très grand

dépôt alluvial, formé de cailloux de basalte, trachyte, etc., recouvrant une partie de la plaine sur laquelle est bâtie la ville d'Issoire. Ces alluvions, qui ont parfois une épaisseur de 6 à 7 mètres, s'étendent encore au N., vers le défilé granitique qui arrête la plaine sur ce point, pénètrent par petits lambeaux dans ce défilé, leur base étant presque au niveau des plus grands débordements de la rivière et se retrouvent au confluent de la vallée de Neschers, pénétrant dans celle-ci, ou plutôt se mêlant à une autre alluvion semblable provenant des parties hautes de la vallée de la Couse Chambon, comme la précédente de la vallée de la Couse Pavin, et c'est sur ce dépôt que reposent à Coudes et à Neschers les terrains qui renferment les débris de la prétendue faune diluvienne, postérieure à l'existence du Rhinocéros et de l'Éléphant dans la contrée. C'est donc dans les mêmes conditions géologiques qu'on trouve les débris des deux faunes différentes en apparence; car à Coudes les débris se trouvent dans le travertin reposant sur les galets, de même que dans les fissures, et à Neschers, d'après la lettre de M. Bravard, les limons et sables qui les contiennent passent sous les laves, de même qu'ils s'y adossent. Nous pouvons encore fournir une dernière preuve non moins certaine, fournie par la présence du Rhinocéros et peut-être même de l'Éléphant, dans cet immense terrain marno-volcanique de la Limagne, au pied des Dômes, dont la formation est au moins contemporaine, sinon postérieure, des épanchements des volcans à cratère, puisqu'il est formé à leurs dépens, et par conséquent au gîte de Neschers, qui passe au-dessous de ces mêmes laves. Donc les deux faunes éléphantique et diluvienne ne peuvent être maintenues et doivent rentrer dans une seule, qui a constitué la dernière des générations qui se sont succédé à la surface de la terre, aux diverses époques de sa formation. Mais je suis heureux de voir confirmer mes rapprochements antérieurs par les opinions de M. Bravard, qui a de même reconnu la liaison qui existe entre ces nombreux et singuliers dépôts d'attérissement, dont l'importance avait tout-à-fait échappé aux premières recherches paléontologiques.

Tout ce long exposé des caractères zoologiques de la faune diluvienne en Auvergne n'a pas été fait seulement pour discuter les opinions de M. Bravard, qui auraient pu l'être d'une manière bien moins étendue, mais il avait pour but principal une application géologique assez remarquable, que M. Bravard n'avait pas encore entrevue, à ce que je crois; je veux parler de l'extension de cette faune dans les terrains volcaniques de l'Auvergne

et surtout des environs d'Issoire. C'est pour faire apprécier plus facilement son importance que j'ai cru devoir parler des caractères généraux des espèces et de leur distribution dans les divers gîtes. Comme il est inutile de revenir à prouver que chacun des gîtes dont nous venons de parler appartient à une même division paléontologique, nous devons maintenant exposer les caractères géologiques de chacun d'entre eux.

Nous venons de voir que l'on trouvait dans certaines circonstances particulières des ossements fossiles de cette faune enfouis sous les laves, dans leurs fentes ou dans les dépôts qui s'adossent à leurs escarpements. On peut donc conclure de là que les grandes espèces diluviennes vivaient encore avant et après les derniers épanchements des volcans à cratères, qui ont été les derniers paroxysmes des actions volcaniques en Auvergne; rien cependant dans l'orographie de la contrée ne peut faire supposer que le sol ait depuis cette déflagration éprouvé les moindres dérangements, et aucun fait ne peut laisser admettre l'existence d'une de ces grandes catastrophes qu'on avait chargées de révolutionner la surface du globe et d'en détruire les habitants divers. Cependant c'est seulement alors que les espèces de la dernière génération anté-historique ont quitté l'Auvergne, l'homme pouvant ou non s'y être déjà fixé, ce dont il n'existe encore aucune preuve, mais en tout cas n'ayant pu avoir alors les moyens de détruire ces grandes et puissantes races, dont il n'a pu encore détruire les analogues malgré la puissance de ses armes et de ses coalitions, s'il est possible d'employer dans ce cas une pareille expression. Ce que l'on peut dire, c'est que ces espèces, pour la plupart, n'ont pas été chassées dans d'autres climats, mais se sont éteintes par des causes difficiles à apprécier.

Parmi les autres gîtes cités par M. Bravard, on reconnaît aisément deux systèmes tout-à-fait différents pour le mode de leur formation. Les uns, et c'est le plus grand nombre (car, indépendamment de ceux cités, il en existe beaucoup d'autres très peu ou non ossifères, répandus dans toute l'étendue de la vallée), n'ont aucun des caractères des alluvions, si ce n'est accidentellement et dans quelques unes de leur parties seulement, car ils sont composés de débris non roulés, terreux ou fragmentaires, résultant évidemment d'éboulis, puisqu'on y trouve les éléments de toutes les couches récentes ou anciennes qui ont dans la même localité un niveau supérieur à celui où ils se sont formés. Ce sont donc des attérissements essentiellement déposés sur les flancs ou au pied des collines, le plus ordinairement calcaires ou argileuses, et parfois aussi basal-

tiques ou tufacées, toujours très circonscrits et occupant de petites surfaces au pied des ravins actuellement existants ou détruits, ou sur de petites plates-formes qui interrompaient la régularité de la pente des collines. De là ce caractère de formation tout-à-fait locale et accidentelle qui leur est propre et qui les différencie tellement des grandes alluvions de la même contrée, pour les rapprocher des attérissements actuels, qu'on les avait le plus souvent identifiés avec ces derniers, que par conséquent on les avait presque entièrement négligés comme amas d'ossements réputés non fossiles, et qu'il avait fallu, pour exciter l'attention, la rencontre fortuite de quelques unes de ces formes animales tout-à-fait étrangères à notre pays. On conçoit donc qu'il est impossible d'assigner d'une manière positive l'âge de tous ces dépôts, puisqu'on ne peut invoquer le caractère de superposition tout-à-fait indifférente qu'ils affectent, et que pour cela même on ne peut pas assurer qu'ils soient tous contemporains. Les plus importants de ces gisements sont ceux de Gresin au S. d'Issoire, à la base orientale du plateau basaltique du Broc, formé d'éboulis calcaires, terreux et limoneux, concrétionnés depuis leur dépôt sur ce point; de la Tour-de-Boulade à l'E. de la même ville, s'appuyant sur un dyke basaltique, au pied d'une colline argileuse et calcaire; de St-Yvoine au N. reposant sur des argiles, du calcaire ou du granite, à une assez grande élévation au-dessus du niveau de l'Allier; vers l'O., de Champeix, sur des argiles sableuses rougeâtres, qui ont fourni les éléments du dépôt d'attérissement par leurs couches supérieures à un niveau encore plus élevé que pour le gîte précédent.

Aux environs de Clermont, on trouve au S. le dépôt de la base méridionale de Gergovia exploité par M. Croizet; à l'E., l'attérissement calcaire d'un des ravins actuels de la montagne de Dallet, sur son flanc occidental; à l'O., des dépôts plus étendus, déposés dans une gorge profonde entre Clermont même et Durtol, au pied de collines argileuses et calcaires, et du grand escarpement granitique de la chaîne des Dômes; vers le N., aux pieds des côtes à sommets basaltiques qui s'étendent jusque vers la ville de Riom. Il est certain qu'il en existe beaucoup d'autres, de plus riches même en ossements fossiles, aux pieds de ces collines calcaires et argileuses, si nombreuses dans la Limagne, et dont les flancs très abruptes se terminent le plus souvent par des couronnements ou des pitons basaltiques; mais la végétation, plus active sur ces points, par plus d'épaisseur du sol remanié, les cache pour longtemps peut-être à nos investigations. Cette opinion nous est suggérée par l'observation d'accidents orographiques assez particuliers à ce

système de dépôts et caractérisés par des espèces de contre-forts surbaissés en forme de jetée, arrondis en moraine à la base, placés sur les parties inférieures des collines, et correspondant au contraire, à la partie supérieure, à une sorte d'excavation assez vaste en portion de cône renversé; dans beaucoup de circonstances c'est même au sommet de ce cône que se sont réunis les matériaux d'éboulement de manière à l'oblitérer en partie. Il est à remarquer que ces dépôts circonscrits et meubles ne présentent jamais de traces de dérangements postérieurs à leur formation, qu'ils conservent exactement dans la plupart des cas les formes antérieures particulières à ce genre de dépôts, et que, dans les autres circonstances, leur volume s'accroît encore chaque année, surtout à l'époque des dégels, de la fonte des neiges et des orages, par la continuation du même phénomène. Cependant ces dépôts ont été aussi parfois creusés et ravinés à leur tour par les pluies des orages de notre époque. Dans la plupart de ces cas, pour ne pas dire dans tous, ils paraissent donc avoir été formés depuis les dernières commotions volcaniques qui ont agité le sol de l'Auvergne; car, aux époques antérieures, les grandes et puissantes alluvions qui comblent le fond actuel des vallées, celles qui ont occupé celui des anciennes et qui sont placées aujourd'hui à des niveaux plus élevés, attestent qu'à l'époque de ces dislocations violentes, cette contrée était parcourue par de gigantesques torrents, par des masses d'eau considérables arrivant subitement et se retirant de même, suite inévitable des phénomènes volcaniques, comme notre génération ne les observe encore que trop souvent, et qui auront balayé tous ces dépôts meubles incohérents, non protégés par le recouvrement de masses solides, pour les déposer plus loin à l'état d'alluvium. Ainsi pourrait s'expliquer par cette hypothèse plus que vraisemblable l'âge assez récent des attérissements ossifères de l'Auvergne et leur absence, ou plutôt leur non-conservation aux époques antérieures aux dernières inondations de ses vallées.

Mais si nous ne pouvons arriver d'une manière certaine à fixer, comparativement aux autres terrains du même pays, l'âge de ces dépôts anormaux, nous arriverons à des résultats assez significatifs, assez remarquables même, pour les dépôts de transport ossifères dont il nous reste à parler. Ces dépôts sont ceux d'Anciat, près Neschers, des Peyrolles et Tormeil, qui n'en forment qu'un, et de Malbatu, qui leur paraît identique et même associé. Mais avant d'aller plus loin, nous devons exposer quelques caractères géologiques des terrains volcaniques des environs, afin de faire comprendre plus clairement l'importance de nos observations. Mont-

losier divisait, comme l'on sait, les terrains volcaniques d'Auvergne en deux classes, celles des laves et des basaltes, les trachytes n'étant pas alors compris par lui dans ces groupes; cette division, peut-être due aux idées de Mossier, trop peu apprécié et même en apparence étranger à l'ouvrage de la Théorie sur les volcans, quoiqu'il paraisse maintenant certain qu'il y avait autant travaillé que son auteur, était basée sur la considération que ceux-ci étaient placés sur les plateaux, quoique ayant occupé le lit de vallées anciennes, et que celles-là, au contraire, étaient en coulées au fond des vallées actuelles, excavés plus profondément depuis l'éruption des basaltes. M. Bravard et MM. Croizet et Jobert, qui traitèrent après lui cette même question, poussèrent plus loin encore les conséquences de cette considération, en trouvant dans le chronomètre de Montlosier l'indication, le premier, de cinq époques formulées dans la monographie de la montagne de Perrier, savoir : 1° les alluvions des hauts plateaux représentant les débris des premiers basaltes; 2° les basaltes et conglomérats des mêmes sommets; 3° ceux du flanc des montagnes et leurs alluvions; 4° les basaltes des pics isolés (dykes); 5° les laves ou produits des volcans à cratères ayant comblé le fond des vallées actuelles, ces deux derniers systèmes étant considérés comme postérieurs au diluvium; les seconds, de quatre époques établies ainsi dans leur *discours préliminaire des Recherches sur les ossements fossiles du Puy-de-Dôme* : 1° trachytes, laves et basaltes, ces derniers représentés par les plus hauts sommets basaltiques, ceux de Saint-Romain et d'Isson ou Solignat; 2° basaltes gisant sur des sommets d'un ordre moins élevé, Pardines étant pris pour type; 3° basaltes reposant sur les alluvions ponceuses à Perrier et Anciat, division qui comprend les tufs des hauts plateaux et les tufs et basaltes du flanc des montagnes de M. Bravard; 4° les conglomérats supérieurs à ceux déjà cités à Perrier, un remaniement de ces derniers et les laves du fond des vallées nommées basaltes modernes.

Ces deux systèmes sont, comme on le voit, assez différents, et présentent également des imperfections notables, le premier, en ce qu'il confond des dépôts adossés avec d'autres contre lesquels ils s'appuient (Pardines et Perrier); qu'il considère comme une période le phénomène des filons et des dykes qui est de toute la période d'épanchements basaltiques; qu'il fait en outre une division spéciale pour le diluvium, qui, comme époque géologique, s'est étendue, ainsi que nous l'avons établi, jusqu'aux dépôts qui paraissent les plus récents et qui sont postérieurs aux coulées des volcans à cratères. Le second, en ce qu'il crée une première division

erronée ayant pour base l'interprétation fausse du gisement de certains basaltes non en coulées sur des alluvions, mais en pitons et en dykes, qui à Solignat ont traversé des sables et galets de l'époque miocène, c'est-à-dire, appartenant au système des dépôts lacustres; qu'il confond ensemble les conglomérats de Perrier et d'Anciat, ceux-là étant tous antérieurs à ceux-ci, et enfin qu'il considère comme modernes, c'est-à-dire historiques, des alluvions bien certainement de l'époque diluvienne; de sorte qu'en somme, dans l'exposition de la chronologie des éruptions qui ont laissé des traces appréciables sous ce rapport dans ces localités assez restreintes, M. Bravard s'est approché de la vérité bien plus que ne l'ont fait MM. Croizet et Jobert.

Ce qu'il y a de capital dans cette question, c'est qu'il existe réellement trois grandes divisions géologiques dans l'ensemble volcanique de l'Auvergne, comme l'admettent généralement les géologues, et que chacune peut être traduite en un mot désignant la roche la plus commune qui la constitue; savoir: trachyte, basalte et laves, la seconde ayant, en outre, trituré les roches de la première pour en former des conglomérats ponceux. Mais on peut voir en outre par l'exposé chronologique qui précède que la période basaltique a été la plus longue et que par conséquent elle a eu un plus grand nombre de paroxysmes qui se sont succédé à des intervalles plus ou moins longs, ce qui échappe évidemment à nos investigations: aussi voit-on que M. Rozet, dans son excellent mémoire sur ces formations, ne s'occupe nullement de ces subdivisions chronologiques, et qu'il trouve dans tous les basaltes les mêmes caractères généraux qu'il a si bien exposés sous des points de vue nouveaux. Mais il n'en est pas ainsi sous le point de vue paléontologique et par contre géologique, mais alors dans les rapports de synchronisme général, comme nous allons le démontrer. On a pu voir en effet que nous avons parlé des alluvions ponceuses d'Anciat près Neschers dans l'énumération des gîtes qui renferment des fossiles de la faune diluvienne, et l'on savait déjà que c'est dans un terrain de composition à peu près identique que se trouvent les espèces pliocènes de la montagne de Perrier. Or donc, comme il doit paraître étonnant de retrouver dans les mêmes terrains deux faunes différentes, et qu'en effet ce phénomène a trouvé des incrédules dans la Société géologique, lorsque j'exposai mes idées lors de l'annonce de la prétendue découverte des fossiles humains du Puy, en disant que ceux-ci avaient peut-être été trouvés dans les gîtes de la dernière faune, je dois donner des éclaircissements géologiques sur ce fait, et puis j'en tirerai des conclu-

sions assez remarquables sur l'âge des éruptions volcaniques de l'Auvergne.

Ce qu'il s'agit de démontrer, c'est que les immenses dépôts de conglomérats de Perrier sont postérieurs à ceux d'Anciat, comme l'avait supposé M. Bravard et au contraire de ce qu'avaient admis MM. Croizet et Jobert. Les basaltes qu'on peut considérer comme les plus anciens dans les environs d'Issoire sont ceux de Pardines, du Broc, etc., qui, indépendamment de leur niveau à peu près semblable, ont pour caractère commun de reposer soit sur le sol lacustre lui-même, soit sur des alluvions qui sont exclusivement formées de cailloux de quartz la plupart pugillaires, à surface rougie fortement par l'oxyde de fer, et auxquels se mêlent rarement des galets de roches primitives. L'absence presque complète de débris volcaniques fait remonter jusqu'aux trachytes dont les commotions sont sans doute la cause de formation, ces dépôts remarquables dans lesquels on a voulu trouver le diluvium lorsqu'ils affectent certaines circonstances particulières de gisement. Ces galets se retrouvent jusque sur les trachytes de certains cols du mont Dore, ce qui appuierait la fixation de leur âge telle que nous l'avons admise; ils sont probablement représentés plus au nord par des dépôts tout-à-fait semblables qui deviennent de plus en plus ténus et couvrent dans le département de l'Allier de vastes espaces à l'état de sable quartzeux, presque purs, et tout-à-fait infertiles; ils paraissent même remonter dans la vallée de la Loire comprise dans le département de ce nom. C'est dans ces alluvions qu'on a trouvé plusieurs oursins silicifiés et d'autres corps organisés marins qui y ont été transportés à l'état fossile. Ceux que nous avons signalés comme trouvés à la Tour-de-Boulade dans des attérissements proviennent peut-être aussi d'un remaniement de ces mêmes dépôts quartzeux; toutes ces circonstances rendent bien embarrassante l'explication du phénomène qui a produit cet immense dépôt alluvial.

Contre ces basaltes et même inférieurement à ceux-ci, contre les pentes des sédiments lacustres, viennent butter et s'adosser des alluvions presque exclusivement à débris volcaniques que recouvrent à trois ou quatre reprises des tufs ponceux remarquables par les immenses blocs trachytiques qu'ils contiennent. Près de l'escarpement basaltique de Pardines ils ont recouvert des entassements assez considérables de fragments du basalte lui-même, qui, en raison de la composition fragmentaire de cette roche sur ce point, s'en sont détachés et ont été transportés par une cause quelconque sur toutes les pentes de ce long plateau en couvrant tout le sol d'une couche presque continue sur des pentes assez faibles et jus-

qu'à une distance de 1,000 à 2,000 mètres. Par conséquent ce basalte eût-il percé les sédiments lacustres, sur ce point même, son antériorité au dépôt précédent est indubitable. Pour celui-là, nous ne rechercherons pas s'il est le résultat d'une éruption boueuse (Bravard), si c'est une alluvion de nature particulière venue des monts Dore (Croizet et Jobert) ou bien s'il résulte de la trituration sur place par les basaltes d'une formation trachytique (Rozet); ce qui est évident; ce qu'on ne peut nier, c'est que le plateau de la Croix-du-Bonhomme, entre Chidrac et Champeix, est évidemment un lambeau, aujourd'hui détaché, des dépôts de conglomérats ponceux de Perrier et Pardines, dont il est séparé par le col de la Maison-Blanche, et qu'il représente ce dépôt en entier, puisqu'on y reconnaît des alternances semblables. Ces conglomérats ponceux y occupent presque tout le sommet de la montagne, à l'exception de l'extrémité N., où existe un énorme dyke formant un petit mamelon au sommet, et contre lequel les alluvions sont venues s'adosser en perdant beaucoup de leur puissance en raison du léger relèvement du sol lacustre sous-jacent. Leur puissance est aussi beaucoup plus considérable sur le revers oriental, où les alluvions vraies sont aussi plus développées, et au-dessus du niveau du col qui les sépare de Pardines et Perrier. Sur le revers septentrional, la pente, assez abrupte, est à peu près uniforme jusqu'au fond de la vallée, et c'est à son pied qu'est bâtie la petite ville de Champeix; mais sur le milieu de cette pente même se trouvent aussi des restes, assez faibles il est vrai; d'une couche de conglomérats et de cailloux dont le niveau est de beaucoup inférieur à celui des parties les plus basses du dépôt supérieur. Plus à l'E., le lambeau est moins restreint, et s'étendant presque jusque sur le col, dont il semble occuper quelques parties les plus basses, il vient aussi s'y adosser contre la pente du sol sous-jacent aux alluvions du plateau supérieur. Il est donc évident qu'il existe entre ces deux dépôts de conglomérats ponceux et d'alluvions, des relations semblables à celles qu'on observe entre le basalte de Pardines et les conglomérats ponceux de Perrier, et que le plus inférieur, s'adossant contre des pentes formées après le dépôt du supérieur, doit lui être certainement postérieur. On ne peut pas ici invoquer à l'appui d'une explication contraire le relèvement de la partie située au sommet du plateau qui aurait alors fait partie des lambeaux que nous considérons comme plus récents, parce que nous avons des coupes qui montrent au-dessous des dépôts lacustres le granite, dont le niveau supérieur des deux côtés de la vallée est à peu près semblable, et qui en passant au-dessous de la montagne du Bonhomme devient au

contraire plus inférieur ; les argiles, base du dépôt lacustre, augmentant de puissance, et les calcaires occupant le même niveau général avec une pente même là où il devrait y avoir relèvement. Dans la supposition contradictoire, si les dépôts comparés étaient des basaltes, on pourrait nous objecter que ceux-ci ont pu être contemporains ; celui du plateau, en raison de sa viscosité et du refroidissement des bords de la nappe, ayant pu s'arrêter sur le bord de la pente, sur la pente même, comme il semble y en avoir quelques exemples dans la contrée ; mais pour des alluvions, on ne peut admettre que le même phénomène ait eu lieu et que les cours d'eau aient pu rester sur les sommets sans se jeter en entier dans une grande cavité où les lois dynamiques tendaient à les entraîner. Il reste donc démontré que les conglomérats ponceux et les alluvions, de même que le basalte qui les recouvre, gisant sur les pentes des collines de la vallée de Champeix, sont postérieurs à ceux de la Croix-du-Bonhomme, identiques par conséquent à ceux de Perrier, dont ils ont fait partie, au basalte que ceux-ci contiennent et *à fortiori* au basalte de Pardines qu'ils ont recouvert. Nous avons compris dans le gîte d'Anciat tout l'ensemble de ce dernier dépôt tufacé qui s'étend presque sans discontinuité, en passant toutefois d'une rive à l'autre, depuis Montaigu-le-Blanc jusqu'au-delà de Coudes-Montpeyroux sur la rive gauche de l'Allier, près du confluent de la vallée de Champeix ou Neschers ; car en réalité une seule des espèces citées s'est trouvée dans la localité type. Les autres sont de Montaigu, de Chadeleuf et de Montpeyroux. Il est de même probable qu'il en existe en amont dans des dépôts qui s'y relient, et qu'on suit par lambeaux plus ou moins grands et éloignés jusqu'au-delà de Murrrol, dans la vallée de Chaudefour et dans d'autres qui leur appartiennent bien évidemment, et qui s'étendent vers les rives de l'Allier jusqu'au pied du Puy-Saint-Romain et peut-être même au-delà, en conservant toujours le même caractère ; car dans tout cet ensemble les débris sont bien plus rares qu'à Perrier et n'ont été récoltés jusqu'ici que par des circonstances fortuites, telles que les ravinelements des orages ou les creusements de caves ouvertes assez souvent dans ces alluvions.

Il existe à l'E. de la montagne de Perrier un dépôt qui se comporte à son égard comme celui de Champeix à celui du Bonhomme, et qui se lie à celui-là par une composition analogue et une bien moindre puissance. Les fragments de trachyte et de basalte et leurs galets y sont en effet bien moins volumineux, et le conglomérat à moins grandes parties a bien plus l'air, par sa nature plus terreuse, d'un dépôt remanié. Les gîtes qui lui appartiennent sont ceux de

Malbatu, sur la rive droite de la vallée au pied de l'extrémité du plateau de Garde-Vachette, près Bergonne, ceux des Peyrolles et de Tormeil sur la rive gauche qui ne sont que deux points fossilifères d'un même lambeau occupant toute la plate-forme comprise entre Issoire et les pentes orientales du plateau de Perrier. Il semblerait que l'on doive y rattacher, en raison de leur position et de leur composition analogue : 1° en aval, des débris gisant sur la pente occidentale du Teiller, et plus au N. près du village de Moida, au-delà et sur les rives mêmes de l'Allier ; 2° en amont, un lambeau lié au gisement de Malbatu et remontant dans la vallée sur la rive droite au pied des pentes de conglomérats de Garde-Vachette antérieurement liés à la montagne de Perrier. D'un autre côté, et un peu plus en amont, des dépôts identiques, mais plus terreux et à galets bien plus petits, s'observent à la Maison-Blanche dans des conditions topographiques identiques, et remontent dans le col, ce qui pourrait faire penser que les eaux charriant les alluvions d'Anciat ont franchi ce col et sont ainsi passées d'une vallée dans l'autre, entraînant dans celle-ci les parties les plus ténues, qui, mélangées avec les détritiques ponceux de cette même vallée, ont formé ces dépôts conglomérés, assez peu puissants et plus terreux, que nous venons de décrire. Au reste, MM. Croizet et Jobert ont avec raison considéré comme postérieurs à Perrier les gîtes de Tormeil et de la Croix-Saint-André, opinion formulée dans une de leurs coupes; M. Bravard, au contraire, ne les en avait pas d'abord distingués dans sa monographie de cette montagne.

Ainsi donc, l'ensemble des alluvions et conglomérats auxquels appartiennent les gîtes des Peyrolles, de Tormeil et de Malbatu, dans la vallée de la Couse Pavin et celui d'Anciat (pris d'une manière générale) constituent un système de dépôts postérieurs à ceux de même nature de la montagne de Perrier, système que les observations géologiques ne pourraient en faire séparer que comme constituant un paroxysme particulier et plus récent du grand phénomène des épanchements basaltiques, mais que ses caractères zoologiques tendraient à faire ranger dans une période géologique différente. M. Pissis, qui a sur la classification des roches volcaniques de l'Auvergne des idées assez éloignées de celles de la plupart des géologues, verrait peut-être dans ces faits une preuve à l'appui de son système de délimitation des laves et des basaltes, puisque les espèces diluviennes gisent sous des basaltes qui ont coulé sur des alluvions basaltiques; mais l'on sait aussi qu'il existe de même de ces basaltes roulés sous les couches fossilifères pliocènes de Perrier, et par conséquent sous

les basaltès qu'ils englobent aussi. Au reste, la présence ou l'absence de ces galets sous les basaltes ne constitue que des accidents, et cette dernière ne peut fournir que des caractères négatifs le plus souvent erronés.

Ces phénomènes ne sont pas seulement propres à la partie de l'Auvergne dont nous venons de parler, ils se présentent aussi dans les terrains de même nature du département de la Haute-Loire, où les géologues du pays ont aussi reconnu des différences entre les alluvions à débris volcaniques qu'on y observe. En effet les espèces fossiles analogues et identiques à celles de Perrier ont été trouvées accidentellement dans des dépôts limoneux, gisant immédiatement sur les terrains lacustres et formant, d'après l'expression de ces observateurs, une sorte de transition entre ceux-ci et les couches bien plus meubles, formées en grande partie de fragments scorifiés, qui les recouvrent et gisent sous des nappes basaltiques. Plusieurs points de ces derniers dépôts ont en effet fourni des espèces identiques avec celles de la faune diluvienne. Car le *Bos velaunos* est le *primigenius*, les Cerfs du Regard sont les mêmes que l'*intermedius* et celui du gîte des Peyrolles. Le *Rhinoceros tichorhinus* et le *Bos velaunos* ont aussi été trouvés dans des dépôts analogues des environs d'Expailly. Enfin, pour compléter ce rapprochement, qui nous avait déjà fait émettre l'opinion précitée à l'occasion du prétendu fossile humain de Denise, les scories elles-mêmes non remaniées contiennent les mêmes espèces au gisement de Saint-Privat-d'Allier, que M. Bertrand de Doue a découvert et fait connaître dans une notice *ad hoc*.

Voilà donc un exemple bien remarquable de discordance entre les caractères géologiques et paléontologiques; car, nous le répétons, malgré la différence sensible qui existe entre les dépôts qui contiennent les deux faunes, il serait impossible de ne pas les réunir dans une même période de l'époque volcanique en Auvergne. C'est ce que démontrerait aussi, au besoin, l'impossibilité où nous sommes de pouvoir établir la même distinction entre les divers lambeaux (ou prétendus tels) qui couvrent les sommets de tant de collines ou mamelons de cette contrée. Il a fallu des circonstances particulières, et appartenant uniquement peut-être à la localité ci-dessus décrite, pour reconnaître les rapports d'âge de ces terrains entre eux : par les fossiles, les difficultés sont encore bien plus grandes, car leur rencontre sous les basaltes même est une très grande rareté.

Mais si on considère ce phénomène sous un autre point de

vue, on voit qu'il pourra nous éclairer sur les rapports d'âge de ces terrains pyrogènes avec les divisions géologiques en général. On remarquera, non sans étonnement, que pendant la période diluvienne le centre de la France a non seulement été disloqué par l'apparition des laves, mais qu'il a encore éprouvé d'une manière bien plus énergique les effets au moins des dernières commotions basaltiques. C'est donc pendant cette époque basaltique (au milieu sans doute) que s'est opérée cette transmutation complète et si remarquable des espèces animales, par des phénomènes que nous ne pouvons pas certainement apprécier d'une manière complète, mais sur lesquels nous avons cependant des notions assez étendues, pour pouvoir affirmer que la disparition de l'ancienne faune n'est pas le résultat de l'état de déflagration locale, sous des rapports généraux, dans lequel s'est trouvé avec cette époque le centre de la France. En effet, il résultera des considérations subséquentes que ce phénomène a été général et qu'il se lie d'une manière bien remarquable avec le fait le plus curieux de physique du globe que les recherches des géologues aient fait connaître depuis quelques années seulement.

Les terrains diluviens, ou ceux qui leur sont synchroniques, ont fréquemment montré le singulier phénomène, depuis les contrées arctiques jusqu'aux plus méridionales de l'Europe, de l'existence dans leur sein d'espèces animales tout-à-fait identiques à quelques unes de notre génération, qui habitent exclusivement les régions les plus froides de notre hémisphère. Au premier rang se trouve le Renne, puis les Lagomys, le *Spermophile*, plus rarement le Glouton, et, ce qui est non moins remarquable, des *Marmottes* et une quantité prodigieuse d'Ours y apparaissent aussi, et cela dans les plaines les plus basses et les plus méridionales, où de nos jours ils ne pourraient certainement vivre que très difficilement et en petit nombre, en raison des conditions climatériques si opposées à leurs habitudes innées et à leur constitution physique. On sait aussi que les Mollusques ont fréquemment offert le même phénomène d'expatriation, si je puis m'exprimer ainsi. Mais il est bien plus remarquable, du moins en apparence, de trouver associés à ces espèces vivant encore de nos jours, mais dans les régions circumpolaires, des animaux dont les congénères sont exclusivement propres de nos jours aux régions intertropicales. Remarquons cependant que ces dernières ont été trouvées différentes des actuelles, et que même la conservation extraordinaire des parties molles de quelques unes nous les a montrées organisées extérieurement pour supporter des climats assez rigou-

reux, et que dès l'instant qu'il n'y a pas identité entre les espèces, on ne peut pas préjuger des habitudes et des conditions climatiques d'existence des inconnues par celles qui nous le sont actuellement. L'exemple des grands pachydermes velus du Nord est bien fait pour nous rendre circonspect sous ce rapport; bien plus, par une légère exagération des conséquences de l'observation précédente, il serait plus rationnel d'être étonné de l'existence de ces derniers dans les régions les plus méridionales de notre Europe, si elles s'y associaient avec des espèces actuellement reléguées entre les tropiques, ce qui du reste est bien loin encore d'être démontré, malgré les déterminations trop légères de quelques paléontologistes. Quoi qu'il en soit, il est indubitable que des espèces non éteintes, aujourd'hui propres aux régions glacées, se sont étendues pendant l'époque diluvienne sur presque toute la surface de l'Europe, du moins occidentale, et que de nos jours elles ne pourraient y vivre en liberté parce qu'elles n'y trouveraient pas les conditions nécessaires à leur existence. Or, ce fait n'est-il pas en relation intime avec celui de la plus grande extension des glaciers pendant cette même époque diluvienne et par conséquent d'un abaissement assez considérable dans la température de notre hémisphère? M. Smith de Jordanhill avait reconnu ce fait pour les Mollusques des terrains erratiques considérés comme le produit des glaciers anciens; mais on lui avait objecté que, dans l'hypothèse de courants, ces espèces avaient pu être charriées des montagnes voisines dans des dépôts assez ténus pour permettre leur conservation. M. Pictet avait aussi signalé les mêmes relations dans la supposition que le Renne était analogue à l'espèce vivante, ce que n'avaient pas encore démontré d'une manière aussi rigoureuse que nous, les observateurs qui nous avaient précédé dans cette question importante. Indépendamment de l'appui que ces faits prêtent à la théorie de l'extension des glaciers anciens, on peut voir, dans cet abaissement de température plus ou moins subit, la cause probable de la disparition des espèces de la faune antérieure, qui a dans son ensemble un caractère éminemment tropical. Comme une conséquence de ces mêmes faits, on peut aussi établir que les mêmes causes ont existé dans une grande partie de l'Europe au moins et que par conséquent l'extension des glaces, démontrée d'une manière certaine pour certaines contrées, n'a pas été le résultat d'une plus grande altitude de ces pays pendant l'époque diluvienne, que la fonte de ces glaciers n'a pas été non plus le résultat de l'abaissement local de ces pays; mais qu'il a été le résultat d'un phénomène général qui, ramenant dans nos

latitudes des températures plus élevées, a relégué soit vers l'extrême nord, soit sur des cimes plus hautes, et les glaciers et les espèces qui habitent exclusivement leur voisinage.

Cependant, disons que dans l'hypothèse de l'extension ancienne des glaciers, on a lieu de s'étonner de ne trouver en Auvergne aucune trace géologique de leur existence, quoique cette contrée présente des cimes bien plus élevées que certaines localités où on observe des traces qu'on considère comme le résultat évident de l'action ancienne des glaces. Cependant, là plus que partout ailleurs, ces glaciers auraient dû laisser des traces nombreuses de leur action destructive des surfaces. Et, comme M. Rozet l'a bien justement observé, les scories sont toutes à leur place sur nos cratères, les aspérités des lavas, des basaltes et des trachytes sont aussi marquées qu'elles ont dû l'être dans l'origine, et les dépôts erratiques multiples ne présentent nulle part les caractères de moraines, mais bien ceux d'inondations brusques, violentes, passagères et successives.

Peut-être que l'action volcanique, dont l'intensité a été si grande dans ces montagnes, y a empêché la formation des glaciers, en fondant les neiges accumulées à chaque paroxysme (cause probable des inondations multipliées de cette région), phénomène fréquemment observé sur les immenses montagnes des deux Amériques, où il cause de bien grands ravages.

Il est évident, d'après tout ce qui précède, que l'état climatérique de notre Europe, sinon de notre hémisphère pendant la période alluviale, a été bien différent de celui de la période pliocène et aussi de la période actuelle, et par conséquent que l'aspect physique qu'il présente de nos jours est tout-à-fait particulier à cette dernière période. Il est donc impossible, d'après ces caractères, d'admettre les opinions de M. Pictet, qui considère la faune diluvienne comme une sorte de transition à la génération de l'homme, car l'économie admirable de celle-ci serait bien certainement troublée dans toutes ses parties par un retour des phénomènes qui caractérisent la période diluvienne. Ce serait aussi le cas de discuter ici de nouveau cette question de l'apparition de l'homme dans notre Europe, avant la fin de la période alluviale; mais les traces qu'on lui attribue sont tellement incertaines, les annonces de découvertes d'ossements humains fossiles se montrent si promptement erronées, qu'on ne peut agir avec trop de circonspection et de réserve dans une question aussi ardue et cependant si importante pour l'histoire de notre espèce,

et la connaissance de son origine si obscure et si embrouillée par les mythes religieux de tous les peuples.

Bornons-nous à attirer l'attention des géologues sur le fait important découvert par M. Pichot et signalé par M. Bravard, et répondons à ce dernier qu'il est rationnellement impossible d'attribuer à la dent des carnassiers, les marques si particulières de certains bois de Renne et de quelques fragments osseux; car certainement elles ne sont comparables qu'en apparence à celles laissées par ces animaux sur les débris des Étouaires et d'Ardé.

Pour clore ce long exposé des caractères des générations contemporaines de la volcanisation de l'Auvergne, il ne reste plus qu'à nous résumer, ce que nous ferons ainsi :

1° Il existe dans les terrains de l'Auvergne trois faunes différentes entre elles qui caractérisent les époques miocène, pliocène et diluvienne.

La première est conservée dans les terrains lacustres de la Limagne.

La deuxième dans les plus anciens dépôts de conglomérats pon-
ceux.

La troisième dans les plus récents de ceux-ci, sous les basaltes les moins anciens, dans un grand nombre d'éboulis de la base ou des flancs des collines, et enfin sous les laves, dans leurs fissures, dans les travertins et le limon de quelques grottes.

2° La période alluviale a commencé avant les derniers épanchements basaltiques et s'est continuée jusqu'après la formation des volcans à cratères et de leurs coulées de laves.

3° Cette époque a été appelée aussi diluvienne, mais improprement, parce que ce nom rappelle un phénomène brusque et instantané, qui ne peut par conséquent laisser l'idée d'une période de longue durée. Le grand phénomène erratique s'est certainement opéré dans cette époque; mais l'on sait qu'il est loin d'être général et que les contrées qui n'en ont pas été affectées n'en présentent pas moins des dépôts d'alluvions plus ou moins multiples résultant de petites inondations locales successives qui n'ont pu s'opérer toutes dans le même temps, et que là comme en Auvergne il y a eu une longue époque diluvienne, qu'on ferait mieux d'appeler alluviale, parce que ce dernier nom a une acception plus générale et peut s'appliquer au diluvium qui n'est qu'un paroxysme exagéré de cette grande période.

4° La faune diluvienne ne peut être divisée en deux faunes particulières, car les caractères de ces dernières sont arbitraires ou négatifs, et par conséquent erronés.

5° Cette faune renferme des espèces encore vivantes, aujourd'hui reléguées dans les régions glacées. L'existence de ces espèces dans toute l'Europe occidentale indique, pour l'époque à laquelle elles appartiennent, une température bien plus basse qu'actuellement en même temps que plus uniforme; elle vient réellement à l'appui de la théorie moderne de l'extension des glaciers, mais seulement lorsque celle-ci n'exagère pas les conséquences de la coordination des faits et qu'elle reste dans les justes limites de l'observation.

Le Secrétaire donne lecture d'une lettre *sur quelques phénomènes des glaciers en Suisse*, par M. Escher de la Linth.

Je viens de lire avec grand intérêt le mémoire de M. Durocher sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie, et je me suis bien réjoui de voir que M. Durocher est d'avis que l'agent qui a produit des sulcatures dans le sol de la Scandinavie a été le même que celui qui a produit les sulcatures dans les Alpes. En effet, les descriptions détaillées et les figures que donne M. Durocher conviennent si bien aux sulcatures de nos Alpes, que je ne saurais trouver quelques différences importantes, le contraste des côtés frappés et des côtés préservés existant aussi chez nous, circonstance dont M. Durocher cite lui-même quelques exemples. Je partage, de plus, entièrement son opinion que les agents ou appareils sulcateurs ont dû être flexibles. M. Durocher est d'avis que parmi les agents proposés pour l'explication du phénomène, il n'y a que l'eau qui possède ce caractère, et il rejette par conséquent la glace. Il vaut cependant la peine d'examiner si la glace des glaciers est véritablement dépourvue du degré nécessaire de flexibilité pour produire cet effet.

Or, même abstraction faite des résultats obtenus dans ces dernières années par MM. Agassiz et Forbes relativement au mouvement des glaciers, résultats qui ne peuvent guère s'expliquer sans attribuer à la glace du glacier la propriété de se plier et d'être flexible, je suis persuadé que si on observe les courbures et les plis décrits par les bandes bleues et blanches (ailleurs rectilignes et parallèles à la longueur du glacier) dans le voisinage des fentes, et en général partout où le mouvement du glacier est gêné par quelque obstacle, personne ne pourra se refuser d'admettre que la glace des glaciers est flexible, et assez flexible pour entrer, sous une pression convenable dans toutes les anfractuosités du sol et des parois des glaciers, enfin qu'elle est assez flexible pour se prêter à tous les

mouvements que M. Durocher exige de l'agent sulcateur. Comment s'expliquer, si la glace des glaciers n'est pas très flexible dans de certaines circonstances, les plis très aigus et le passage insensible aux courbures moins fortes, représentées dans les fig. 5, 6, 7 et 8, pl. IV, courbures qui, comme il est déjà dit, ne se trouvent que là où des crevasses plus ou moins fréquentes indiquent que le glacier est gêné dans son mouvement, qu'il a des obstacles à vaincre? Je dois ajouter que les courbures sont dans la nature beaucoup plus régulières, mieux dessinées qu'elles ne le sont dans les figures. Elles y sont aussi beaucoup plus rapprochées les unes des autres, la largeur des bandes bleues et blanches variant à peu près de 1 millimètre à 4 centimètres. Les figures donnent seulement une idée de la forme des courbes.

Partant de la supposition de la rigidité de la glace, M. Durocher dit que le glacier ne peut exercer son pouvoir sulcateur qu'en dessous. La fig. 9, représentant la fin du bras occidental du glacier de Viesch et sa paroi occidentale surplombante et sillonnée, peut montrer, à ce qu'il me semble, avec toute l'évidence désirable, que l'assertion citée n'est pas exacte. En effet, on y voit, depuis une hauteur de près de 2 mètres au-dessus du sol, le glacier appuyé immédiatement sur et contre la paroi granitique, dont le contour arrondi et poli présente de grandes sulcatures peu inclinées vers l'horizon, et qui s'étendent au loin dans une direction parallèle à celle du glacier. Dans les parties concaves et convexes de la surface granitique on voyait de plus des sillons plus petits, peu profonds, larges de 2 à 5 centimètres, sensiblement parallèles aux grandes sulcatures; en outre, on remarquait principalement dans les sillons une multitude de stries extrêmement fines, à peine visibles, parallèles aux sillons. Dans la glace étaient enchâssées des pierres (1) si bien cimentées avec elle (évidemment par la pression de la masse supérieure du glacier qui s'élevait d'une centaine de pieds au-dessus du sol) que j'avais beaucoup de peine à en détacher quelques unes avec le marteau. Ces pierres, un peu usées du côté du rocher, étaient enduites de ce même côté d'un limon excessivement fin, presque onctueux au toucher par la finesse du grain. Ce limon, mêlé avec du sable fin, recouvrait aussi la partie abordable du roc surplombant, séparé du glacier dans le bas par un espace

(1) Ces pierres étaient tombées sans doute originairement des hauteurs de la paroi ou de la surface du glacier dans l'intervalle qui, à la surface des glaciers, se trouve si souvent entre la glace et les parois de son lit; puis elles furent accolées par la glace.

vide produit évidemment par l'influence de la chaleur d'été de l'air extérieur : aussi cette caverne allait en se rétrécissant en amont du glacier de manière qu'elle avait à peine 20 pas de longueur ; quelques semaines plus tôt on aurait sans doute vu le glacier côtoyer le rocher jusqu'à sa base ; mais alors on n'aurait pas vu s'étendre les grandes sulcatures au-dessous du glacier, ce qui alors était le cas.

Il est clair que les pierres enchâssées dans la glace doivent avancer simultanément avec le glacier et qu'elles ne peuvent pas avancer sans s'user, et, selon leur propre dureté et celle de la paroi, produire des sulcatures et des stries dans celles-ci ou en recevoir elles-mêmes (pierres détachées, polies, sillonnées et burinées). Le limon mentionné se présente comme le produit nécessaire du frottement des pierres contre le rocher : aussi l'observe-t-on partout dans les ruisseaux qui sortent de dessous les glaciers.

Le mode de production du poli des sillons et des stries était ici étalé devant les yeux d'une manière si nette, que toute personne, à ce que je crois, aurait dû se rendre devant l'évidence des faits, et admettre que les glaciers ont la faculté de produire les phénomènes mentionnés dans toutes les parties de leur lit.

Quant aux canaux profonds et ondulés, j'avoue que dans de pareils canaux, très fréquents au fond de nos lits de glaciers, mais rarement abordables à un examen minutieux, je n'ai jusqu'à présent pas remarqué le striage mentionné par M. Durocher. Mais, la flexibilité de la glace admise, il n'y a pas la moindre difficulté à en concevoir la naissance dans un pareil canal aussitôt qu'il est abandonné par l'eau et rempli de nouveau par la glace. Le changement fréquent des cours d'eau sous les glaciers est un phénomène trop connu pour qu'il soit nécessaire d'entrer dans des détails à ce sujet.

Il me paraît donc que les objections de M. Durocher contre la théorie de M. de Charpentier, qui attribue aux glaciers les sulcatures, sont réfutées par l'examen de ce qu'on voit se passer aux glaciers encore existants.

Voyons maintenant s'il ne se trouve pas des faits qui exigent de l'agent ou appareil sulcateur des propriétés qui sont en opposition avec celles d'un courant d'eau ou de boue ; il me semble qu'il en existe plusieurs.

1° Les grandes sulcatures et les stries fines que nous voyons dans les contrées actuellement dépourvues de glaciers ne sont, en général, pas rectilignes ; elles suivent au contraire, en lignes généralement presque horizontales, exactement le pourtour irrégulier,

souvent très sinueux et même presque à angle droit des parois. L'outil par lequel les sulcatures ont été produites a donc suivi dans sa marche exactement ce pourtour tortueux. Maintenant, qu'on suppose à un courant d'eau ou de boue quelque densité qu'on veuille, toujours elle sera moindre que celle des pierres, s'il doit posséder une vitesse très considérable. Les pierres, se mouvant à peu près dans le sens du courant, longeront sans doute par-ci et par-là les parois du lit; mais toutes celles qui arrivent à la paroi, sous quelque angle que ce soit, en seront rejetées vers le milieu du courant, et il me semble tout-à-fait impossible qu'elles puissent tourner le moindre angle saillant.

Admis pour un instant (1) qu'un courant puisse produire des stries fines, il faudrait donc supposer pour celles qui ne sont pas rectilignes, que, commencées par une pierre, elles aient été continuées par une seconde, une troisième, etc., qui, par un hasard des plus invraisemblables, aurait continué la strie exactement là où elle aurait été laissée par la pierre précédente.

De plus, en considérant que les sulcatures presque horizontales se montrent dans la vallée supérieure de l'Aar, dans un espace de plusieurs milliers de pieds de hauteur, il faut supposer pour une origine simultanée dans toute la hauteur un courant au moins d'égale puissance, un courant de densité exactement sem-

(1) Du reste, personne, à ce que je sache, n'a jamais prétendu avoir observé des stries de la nature en question, produites par des courants actuels. Les pierres mises en mouvement par un torrent n'ont la faculté ni de produire ni de recevoir des stries, parce qu'en roulant elles ne font qu'user, en étant usées elles-mêmes. En effet, on ne trouve des stries ni dans les lits des torrents, ni aux bords des lacs, ni même dans des éboulements tels que ceux de la Dent-du-Midi et de la Combe-Mauvoisin près de Saint-Maurice. Il est vrai que les pierres de ces derniers éboulements montrent des taches blanches quelquefois un peu allongées (les plus longues que j'ai vues n'avaient guère qu'un pouce et demi de longueur), produites par le heurtement des pierres les unes contre les autres; mais ces taches paraissent justement être faites exprès pour faire distinguer ce que peuvent produire en ce genre les débâcles et les glaciers; on n'y trouvera pas, à la surface des parois, une seule de ces stries horizontales, longues de plus de 6 pouces, à bords bien précis, enfin de ces stries faites comme par le burin; on les cherchera en vain à la surface des pierres détachées, tandis qu'elles sont très fréquentes et quelquefois d'une perfection étonnante à la surface des cailloux calcaires des moraines des glaciers actuels (glacier du Sustenhorn au fond du Meyenthal), et dans le terrain erratique de toute la Suisse.

blable à celle des pierres pour que, selon leur position primitive, elles puissent avancer presque horizontalement; en outre, il faut non seulement faire voler les pierres à la manière d'une flèche, mais il faut assigner à celles situées près des bords du lit un chemin tortueux, sans cependant leur faire perdre leur vitesse. Pour une origine successive il faudrait nécessairement laisser excaver les vallées par l'effet des courants, pour que les sulcatures d'en haut aient pu se former avant celles du milieu et du pied des pentes.

J'avoue que la vue du dédale qu'ouvrent l'une et l'autre de ces deux suppositions m'effraie beaucoup plus que des contrées couvertes de glaciers.

En admettant par contre que le poli en question, les sulcatures et les stries des contrées dépourvues de glaciers, soient le produit de l'action glaciaire, on ne fait qu'appliquer les effets des glaciers actuels à des formes exactement semblables à celles que les glaciers continuent sous nos yeux à donner à leurs parois; leur glace est assez flexible pour se plier aux contours du lit et assez compacte pour serrer l'outil constamment contre la paroi. L'action a de plus lieu simultanément dans tout le pourtour du glacier partout où du gravier et des pierres se trouvent à son bord et où il n'est pas séparé des parois du lit par quelque vide, vide qui du reste disparaîtra à son tour tôt ou tard et se remplira de nouveau de glace et de pierres.

2° Il n'est pas rare de trouver des blocs erratiques, surtout de nature calcaire, mais aussi de granite, dont une face (jusque près d'un mètre carré) est plane comme une table et rayée de sillons et de stries plus ou moins nombreuses. Cette circonstance de faces planes, se trouvant sur des blocs qui ont fait plus de 15 lieues de chemin, me semble incompatible avec le transport par des courants, tant en théorie qu'en pratique, vu que les blocs des courants actuels ne montrent jamais rien de pareil.

3° En quelques endroits, peut-être au côté occidental de la vallée du Rhin près d'Oberried (cant. de Saint-Gall) et à une lieue en amont des bains de Pfeffers, dans la vallée de la Tamina, on trouve à la surface de la roche calcaire en place polie, sur de grandes étendues, des raies à peu près horizontales et larges de 1/2 à 4 millimètres. Ces raies montrent dans leur creux très évasé de petites entailles transversales, presque toujours plus ou moins courbées, éloignées d'ordinaire l'une de l'autre de 0^m,3; leur convexité est tournée constamment en amont de la vallée. Ces entailles ont tout-à-fait l'air de la trace d'un outil semblable à un ciseau, qui, mis en mouvement par un mécanisme lent, un peu branlant, at-

taque tantôt plus, tantôt moins fortement la substance soumise à son action. Je crois que personne, en voyant le phénomène, n'hésitera à l'attribuer à un mouvement *très lent*, semblable à celui des glaciers, et à le trouver tout-à-fait incompatible avec un mouvement rapide.

La roche polie en amont de Pfeffers, déblayée depuis peu, par l'effet d'un ruisseau, des détritits qui l'avait couvert et garanti jusqu'à présent contre l'influence de l'atmosphère, fig. 10, présente encore une autre particularité. Perpendiculairement à peu près aux sillons qui suivent la direction générale de la vallée, on y voit des stries nombreuses toutes fines, de profondeur plus appréciable, sensiblement parallèles entre elles et dirigées dans le sens de la pente la plus forte. Ces stries traversent en quelques endroits les sillons longitudinaux d'une manière si claire, qu'on voit qu'elles sont les plus nouvelles. J'ignore l'explication que les défenseurs des courants donneraient de cette circonstance; dans la théorie des glaciers, elle se présente comme le résultat du mouvement lent que le détritits de la surface du glacier a subi pendant l'abaissement et la fonte du glacier, c'est-à-dire pendant son transport de *a b* en *c d*, fig. 11.

En résumé, il me semble que les objections de M. Durocher contre la production des sulcatures et des stries par l'action des glaciers ne sont pas plausibles, et que les circonstances mentionnées ci-dessus (5, 6, 7) prouvent au contraire que ce sont des glaciers qui leur ont donné naissance, ou bien, si l'on préfère, un agent encore tout-à-fait inconnu qui aurait produit des effets absolument identiques avec ceux des glaciers.

Jc m'abstiens d'entrer dans une comparaison des digues et dépôts erratiques avec les dépôts des glaciers, et de démontrer que les digues erratiques transversales les plus éloignées des Alpes, peut-être celles qui entourent le débouché des lacs de Zurich, de Greifensee, de Sempach, sont liées plus ou moins intimement aux moraines des glaciers actuels, et que la manière d'être des uns et des autres est absolument la même. En général, on peut dire que, plus on étudie le terrain erratique des Alpes, plus on y trouve d'analogies avec les dépôts des glaciers, et plus se multiplient et s'augmentent les difficultés de la théorie des courants.

Relativement aux *lapias*, dont M. Desnoyers paraît avoir parlé en discutant le mémoire de M. Durocher (p. 85 du *Bulletin*), je me permets d'ajouter que ce phénomène des *lapias* me paraît être complètement indépendant de l'action des glaciers. Le caractère dominant de cette dernière est de faire disparaître les aspérités

naturelles du sol et de produire des formes plus ou moins arrondies ou planes. La propriété caractéristique des lapias est, au contraire, d'agrandir les inégalités du sol, d'avoir une surface excessivement âpre, hérissée, les enfoncements entre les proéminences garnis jusque dans les plus petits intervalles de pointes aiguës, de lames tranchantes comme un couteau, etc. Les sillonnements y sont, en général, dirigés dans le sens de la plus grande pente, et aboutissent en bas fréquemment à des entonnoirs sensiblement verticaux, très profonds, correspondant souvent avec les affluents de grandes sources, jaillissant sur les pentes ou au pied des montagnes (Hundsloch au Wæggithal, sources à Engelberg, au Bisi-thal, etc.). La possibilité de la formation des lapias dépend, à ce que je crois, d'un manque d'homogénéité parfaite, jointe à une certaine consistance de la roche, consistance qui permet aux parties non détruites de rester debout et de s'agrandir à mesure que les enfoncements deviennent plus profonds par l'action mécanique et chimique des précipités atmosphériques. En effet, ce ne sont, à ce que je sache, que les roches calcaires qui présentent des lapias; les grès et les roches cristallines n'en offrent jamais; parmi les calcaires des Alpes suisses, c'est celui à *Caprotina* et le calcaire compacte, bleu noir, cassant (représentant l'oolite moyenne), qui favorisent le plus le développement de cette forme de surface, principalement dans les régions élevées, où il n'y a pas de végétation pour protéger le sol contre l'influence des agents atmosphériques.

Explication des figures.

- Fig. 5.* Contournements des roches de glace près du bord N. du glacier d'Oberaar, le 5 août 1842.
- Fig. 6.* *id.* au glacier d'Unteraar près de la galerie de M. Agassiz, le 1^{er} août 1842.
- Fig. 7.* *id.* au glacier d'Aletsch près du lac Moriel, le 17 juillet 1844.
- Fig. 8.* *id.* au glacier d'Aletsch à 1/2 lieue au-dessus du lac Moriel, le 14 août 1844.
- Fig. 9.* Extrémité inférieure du bras occidental du glacier de Viesch, le 30 juin 1844.
- Fig. 10.* Roche calcaire, polie, sillonnée et striée dans la vallée de la Tamina, à 1 lieue en amont des bains de Pfeffers.

M. Martins fait observer que les arguments présentés par M. Escher de la Linth sont les mêmes que les siens. Quant aux stries qui se trouvent sur les surfaces concaves, il n'a pas été aussi loin pour leur origine que M. Escher de la Linth, qui les attribue à une plasticité des glaciers. Il en est de même pour les stries qui se trouvent dans les canaux sinueux des îles du golfe de Christiania.

Séance du 2 février 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

Son A. I. le duc de LEUCHTENBERG, à Saint-Petersbourg, présenté par MM. Élie de Beaumont et de Verneuil;

MM.

LEGROS DEVOT, maire de Calais, présenté par MM. Mulot et Élie de Beaumont;

FORCHAMMER, membre de l'Académie des sciences de Copenhague, présenté par MM. Élie de Beaumont et de Verneuil;

TOSCHI (Antonio), docteur en mathématiques, rue de Lille, n° 31 bis, présenté par MM. d'Archiac et de Verneuil.

Le Président annonce ensuite trois présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. Constant Prévost, 1^o *Volcan* (extrait de l'*Encyclopédie des gens du monde*, t. XXI, 2^e partie, p. 660 et suiv.) ; in-8°, 7 p. Paris.

2^o *Formation, Fossile* (extrait du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*) ; in-8°, 8 p. Paris.

3^o *Géologie* (extrait du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*) ; in-8°, 3 p. Paris.

4^o *Note sur le terrain nummulitique de la Sicile* (extrait du *Bulletin de la Société géologique*, 2^e série, t. II, p. 27, 1844); in-8^o, 7 p., 1 pl. Paris, 1844.

5^o *De la chronologie des terrains, et du synchronisme des formations* (extrait des *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XX, séance du 14 avril 1845); in-4^o, 10 p. Paris, 1845.

De la part de M. Hardouin Michelin, *Iconographie zoophytologique*; 20^e livraison.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1846, 1^{er} semestre, t. XXII, nos 3 et 4.

Annales scientifiques, agricoles et industrielles du département de l'Aisne; 2^e série, t. II. 1844.

Recueil des travaux de la Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département de l'Eure; 2^e série, t. V, année 1844.

Bulletin des séances de la Société d'agriculture, sciences, arts et commerce du Puy; t. III, 7^e livraison.

Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales; 2^e partie du 6^e volume. 1845.

Annales des sciences physiques et naturelles, d'agriculture et d'industrie de Lyon; t. I à V, années 1838 à 1842.

L'Institut, 1846, nos 629 et 630.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} semestre, nos 6 à 9.

The Athenæum, 1846, nos 951 et 952.

The Mining Journal, 1846, nos 543 et 544.

Report, etc. (Rapport de la Société d'histoire naturelle des comtés de Northumberland, Durham et Newcastle-on-Tyne, pour l'année finissant au 30 juillet 1845); in-8^o, 17 p. Newcastle, 1845.

Correspondenzblatt, etc. (Feuille de correspondance de la Société d'agriculture du Wurtemberg); nouv. série, t. XXVII, année 1845, 1^{er} vol., 2^e et 3^e cahiers.

Boletín oficial de minas de España, n^o 34, 15 septembre 1845.

M. Silliman, directeur du *Journal américain des sciences*, remercie la Société de l'envoi qu'elle lui a fait de la *Carte géologique du globe* par M. Boué.

On procède à l'élection d'un trésorier en remplacement de M. La Joye, qui n'a pu accepter ces fonctions. Vingt-cinq membres prennent part au scrutin, et M. Ed. Ruinart de Brimont est proclamé trésorier à l'unanimité.

M. Viquesnel lit le passage suivant, extrait d'une lettre de M. Sismonda, de Turin.

J'ai consacré l'été et l'automne derniers à visiter les Alpes, le département du Var et celui des Basse-Alpes. Je ne puis, dans une simple lettre, exposer mes observations avec les détails suffisants pour les faire comprendre ; je dois me contenter aujourd'hui d'affirmer que je suis revenu de mon voyage persuadé de l'exactitude de mes publications précédentes sur le terrain nummulitique et sur le calcaire néocomien du comté de Nice. J'y ai découvert l'*Ammonites subfascicularis*, d'Orb. et l'*Aptychus Didayi*, Coquand. Ainsi tombe l'objection qui m'est adressée par M. de Tchihatcheff (Voir son *Coup-d'œil sur la constitution géologique des provinces méridionales du royaume de Naples*, Berlin, 1842). Pendant le cours d'un hiver passé à Nice, ce géologue s'est formé une opinion qui se trouve en contradiction avec la position et les rapports des divers terrains. M. de Tchihatcheff, il est vrai, n'a fait que reproduire la classification des terrains de cette contrée publiée dans le temps par M. de la Bèche. Je ne suis pas étonné que, soutenu par une telle autorité, il ait adopté des idées contraires aux miennes. Mais je suis sûr que le savant professeur anglais modifierait aujourd'hui plusieurs opinions renfermées dans son mémoire, et notamment qu'il sortirait du terrain jurassique le calcaire du château de Nice pour le mettre, comme moi, dans le terrain néocomien.

Je fais imprimer, en ce moment, un mémoire sur les Alpes, j'entre dans certains détails relatifs, soit au terrain néocomien des Alpes maritimes, soit aux dépôts nummulitiques du même pays. Une carte du comté de Nice fera connaître l'extension et la distribution de chaque terrain, tandis qu'une carte des environs du lac d'Orta et du Biellais prouvera la succession de la serpentine, de la syénite et du diorite. Suivant mon opinion, ces trois roches datent du même soulèvement et ne diffèrent que par la structure ; ce qui démontre l'influence de la cristallisation sur des produits éruptifs provenant d'une même origine.

M. le marquis de Roys lit le rapport suivant.

*Rapport sur la gestion de l'archiviste pendant les années
1844 et 1845.*

Les archives de la Société se divisent en cinq sections. Nous allons successivement rendre compte de l'état où elles se trouvent.

1° ARCHIVES PROPREMENT DITES.

Elles comprennent trois divisions :

1° La comptabilité et les titres concernant la Société. Tous les registres, états, pièces de dépenses de toute nature, vérification des comptes du trésorier sont dans le meilleur ordre. Les titres de la Société, baux, polices d'assurance font partie de cette section.

2° Archives générales. Nous n'énumérerons pas les divers registres qui forment cette division, et qui sont parfaitement au courant. Nous ferons seulement observer que les minutes des procès-verbaux des séances de la Société et du Conseil ont paru à la commission rendre complètement inutile la conservation des ordres du jour, et qu'au moment où la multiplicité des pièces conservées commence à encombrer les cartons, ces ordres du jour pourraient être supprimés sans inconvénient.

Correspondance. Les lettres d'envoi et de remerciement n'ont point été inscrites dans l'état des lettres. La correspondance pendant l'année 1844 a cependant encore atteint le nombre de 179 lettres et de 164 en 1845, dont deux ont été réunies à la liasse de MM. Langlois et Leclercq. Cette réduction dans la correspondance n'a été qu'apparente, les nombreuses lettres relatives à l'élection du président ayant été déchirées le jour même de cette élection.

La commission a fait un choix dans la correspondance de l'année 1843 de 12 lettres à joindre aux autographes et de trois qui doivent être conservées, ce qui porte le nombre des lettres conservées antérieures au 1^{er} janvier 1844 à 76, outre la correspondance de M. Boué, composée de 10 lettres, et les lettres relatives aux affaires contentieuses de la Société comprises dans une liasse particulière.

2° BIBLIOTHÈQUE.

La Société a reçu, dans le courant de l'année 1844, 211 livraisons ou numéros de publications périodiques ou non, 84 brochures, 193 numéros de journaux, 50 volumes, deux atlas et 10 cartes

ou vues , et dans le courant de l'année 1845 , 269 livraisons ou cahiers , 106 brochures , 222 numéros de journaux , 73 volumes , 3 atlas , 5 tableaux et un portrait ; ce qui porte l'état actuel de la bibliothèque à :

Volumes	4945
Livraisons, brochures, cahiers, numéros de journaux.	4924
Cartes, plans, dessins, outre 5 atlas	208
Portraits.	44
Manuscrits.	40
Lettres autographes.	414

Cette énumération subira une modification considérable par la réunion des ouvrages complétés reliés ou brochés , selon leur importance, et qui doivent être reportés de la 2^e série dans celle des volumes. M. Clément Mullet a commencé à cet égard un travail considérable : c'est la collation complète de la bibliothèque et la révision de son catalogue.

L'archiviste s'est également occupé , avec un soin particulier , du classement des cartes , plans , coupes et dessins. Tous les éléments ont été préparés pour dresser le catalogue de cette importante collection.

Le catalogue sur cartes et le registre d'inscription à l'arrivée des dons faits à la Société ont été tenus avec exactitude. Dès que le classement de la bibliothèque aura été terminé , le catalogue général sera complété et sera alors de la plus grande utilité.

3^o COLLECTIONS.

La collection de roches , minéraux et fossiles s'élevait au 1^{er} janvier 1844 à 10,500 échantillons. Elle en a reçu 461 dans le courant des deux années qui viennent de s'écouler. La manière imprévue dont M. Graugnard a quitté les fonctions d'agent pendant l'absence de l'archiviste a causé quelques lacunes dans les registres d'arrivée et de placement de ces nouveaux échantillons , mais il sera facile de les réparer. Cette partie laisse encore à désirer un catalogue général. Ce travail , fait par votre rapporteur pour le bassin tertiaire de Paris , sera immense et ne pourra être entrepris que lorsque le travail non moins considérable commencé pour la bibliothèque sera terminé.

4^o MOBILIER.

Le registre qui contient l'inventaire du mobilier a été augmenté d'un corps de bibliothèque devenu indispensable et d'une estampille pour marquer les ouvrages présentés à la Société à mesure de leur arrivée et avant leur dépôt sur le bureau.

5^o MAGASIN.

Une amélioration importante a été opérée dans cette partie des archives. Un grand nombre d'exemplaires des volumes du bulletin avaient été conservés en feuilles, et se dégradait malgré les soins apportés à leur conservation. L'archiviste a fait brocher tout ce qui formait des volumes complets, au nombre de 705, et outre les trois collections complètes dont la Société a ordonné la vente au prix de 250 fr. pour ses membres et de 300 fr. pour le public, le magasin renferme 1,012 volumes brochés appartenant à trois des premiers et aux huit derniers de la première série. Il reste en outre une quantité assez considérable de défets, sur lesquels on prélève les feuilles perdues ou égarées, réclamées par quelques membres, ainsi que les 4 exemplaires de leurs notices auxquels ils ont droit. Un registre de ces livraisons ainsi que des volumes vendus est tenu avec le plus grand soin.

Il reste encore à distribuer quelques exemplaires des mémoires paléontologiques et géologiques de M. Boué et de sa description de l'Ecosse.

La commission vous propose donc d'approuver la gestion de l'archiviste pendant les années 1844 et 1845, et de lui adresser des remerciements pour les améliorations importantes qu'il a introduites dans le service. Elle vous propose également de donner des éloges mérités à votre agent, qui, chargé de ces fonctions importantes et multipliées dans l'absence de l'archiviste, et ayant trouvé un travail considérable arriéré, est parvenu à se mettre à peu près au courant de sa pénible et laborieuse tâche.

Ch. MARTINS,

Le marquis DE ROYS, *rapporteur*.

Le rapport est adopté par la Société.

M. Constant Prévost demande que la liste des ouvrages qui manquent à la bibliothèque soit affichée avec invitation aux

membres de rapporter les livres qu'ils auraient emportés contrairement au règlement. Cette proposition est adoptée.

M. d'Omalius d'Halloy donne lecture de la note suivante :

Observations sur les barres diluviennes.

Sans doute que déjà vous connaissez tous, messieurs, les recherches approfondies qu'un de nos plus célèbres confrères vient de publier sous le titre modeste de *Leçons de géologie pratique* (1). Parmi les considérations nouvelles que contient ce savant ouvrage, je me permettrai d'appeler votre attention sur celles relatives aux langues de terre nommées *Nehrungen* sur les côtes de Prusse, *Lidi* sur celles de Vénétie, et que l'auteur comprend dans les dépôts qu'il désigne par le nom de *Cordons littoraux*.

M. Élie de Beaumont est, je crois, le premier qui ait signalé une différence d'origine entre ces terres et les attérissements modernes, et je pense que ses vues à ce sujet ont fait faire un véritable progrès à la science; mais, tout en admettant son idée principale, je crois qu'il y a lieu de faire quelques observations sur la manière dont il explique l'origine de ces dépôts. Je reconnais cependant qu'il y a de la témérité à émettre une opinion différente de celle d'un géologue qui a aussi bien approfondi la question; toutefois, comme ce sont les discussions de ce genre qui contribuent à fixer la science, j'espère que la Société ne trouvera pas mauvais que je lui soumette ma façon de penser sur cette question.

M. de Beaumont suppose que les langues de terre dont il s'agit ont été formées par l'action des eaux de la mer, ainsi que les dunes et les levées de galets qui s'élèvent sur les côtes; mais, si je conçois facilement comment l'action combinée des vagues et des vents peut, dans certaines circonstances, former des dunes et des levées lorsqu'il y a un point d'appui pour l'établissement de ces espèces d'édifices, je ne puis me rendre raison des causes qui détermineraient la formation d'un bourrelet de matières solides à une certaine distance de la côte et qui donnerait à ces bourrelets la fixité qui caractérise les langues de terre qui nous occupent, tandis que nous voyons que les matières poussées par les vagues ne s'arrêtent que sur des points déjà fixés, et que les dépôts qu'elles laissent, pour ainsi dire, échapper de leur sein dans des lieux où

(1) *Leçons de géologie pratique*, par M. Élie de Beaumont, Paris, 1845, chez P. Bertrand, rue Saint-André-des-Arts, 65.

il n'y a pas d'obstacles fixes pour les protéger, sont démolis et remaniés par un mouvement subséquent.

D'un autre côté, s'il était possible de supposer que les vagues pussent former des dépôts permanents dans les lieux où il n'y a pas de points d'appui pour les protéger, on pourrait demander pourquoi les cordons isolés ne sont pas plus communs et pourquoi ils se trouvent quelquefois dans des positions qui ne se prêtent pas à ce refoulement. Si les cordons isolés étaient le résultat de phénomènes qui ont encore lieu, on pourrait également demander pourquoi ces cordons n'ont en général ni augmenté ni diminué depuis les temps historiques, ainsi que l'a si bien démontré M. de Beaumont.

Toutes ces difficultés disparaîtraient et l'origine des dépôts dont il s'agit s'expliquerait aisément, si l'on y voyait des *barres diluviennes*.

On sait que quand des eaux courantes chargées de matières solides arrivent en contact avec des eaux stagnantes ou animées d'un mouvement différent, il se passe une espèce de choc qui détermine la chute de la plupart des matières tenues en suspension; c'est à ce phénomène que sont dus les attérissements et les barres des rivières; c'est également ce phénomène qui est cause que les eaux de la mer se maintiennent en général très claires et que nous voyons les rivières sortir des lacs dans un état de limpidité parfaite, tandis qu'elles y étaient entrées troubles et bourbeuses.

On peut donc concevoir qu'à l'époque des grands courants diluviens il a dû se former, comme à présent, des barres vers les points où ces courants se choquaient avec les eaux de la mer; mais ces barres ont dû s'établir sur une plus grande échelle que celles que forment nos cours d'eau actuels, puisque les courants qui ont mis en mouvement les dépôts diluviens, qui se sont repandus sur des surfaces bien plus grandes que les lits de nos fleuves, devaient être bien plus considérables que ces derniers. On conçoit également que ces courants, ayant aussi une force d'impulsion et une densité bien supérieures à celles de nos fleuves, ont pu refouler les eaux de la mer de manière que le choc, et par conséquent la barre, ne se seront définitivement établis qu'à une certaine distance de la côte et non sur la ligne de prolongement de celle-ci, ainsi que cela se passe à l'embouchure de nos cours d'eau actuels qui ne sont ni aussi volumineux, ni aussi denses, ni aussi impétueux.

Si l'on objectait que les langues de terre dont nous parlons occupent une étendue plus grande que la largeur que devaient avoir

les courants diluviens, je répondrais, en premier lieu, que nous ne savons pas bien quelle était la largeur de ces courants lors de leur arrivée à la mer, et, en second lieu, que les barres diluviennes ont dû se former sur une étendue bien plus grande que la largeur des courants qui leur donnait naissance. On sait, en effet, que les eaux de nos cours d'eau, lorsqu'elles arrivent à la mer, ne se prolongent pas directement au milieu de celle-ci, mais qu'elles sont ordinairement refoulées le long des côtes selon la direction que les courants marins ou les vents peuvent leur donner, ce qui est cause que nos attérissements se forment sur une largeur bien plus considérable que celle des cours d'eau qui amènent les matériaux qui les composent. Or, une fois que l'on admet que la force des courants diluviens a transporté le point du choc à quelque distance de la côte, on sent que le prolongement de la barre, au lieu de former un attérissement côtier, a dû s'étendre au milieu des eaux, en tendant néanmoins à se rapprocher continuellement de la côte. Je citerai à ce sujet une observation que j'ai eu l'occasion de faire l'automne dernier et qui me semble propre à donner une idée de la manière dont je conçois le phénomène que je viens d'indiquer.

Etant allé me promener aux environs de Civita-Vecchia quelque temps après un orage long et violent, je trouvai la Fiumarella fort gonflée et composée d'une eau très bourbeuse, d'un jaune brunâtre. Cette eau, arrivée à la mer, était repoussée le long de la côte N.-O., par un vent de S.-E.; mais à quelque distance de l'embouchure de la rivière se trouve une crique dont l'eau, en quelque manière emprisonnée par les bords de la crique, ne pouvait suivre le mouvement imprimé par le vent et demeurait stationnaire, de sorte que l'eau de la rivière, arrivée à l'entrée de la crique, continuait sa marche dans la direction générale de la côte et allait rejoindre celle-ci à l'autre extrémité du bord de la crique; de manière que l'on voyait une bande ou rivière d'eau jaune qui séparait les eaux limpides de la haute mer de celles de la crique. A la vérité, lorsque je repassai une heure après, la couleur jaune avait envahi la plus grande partie de la crique; mais il était facile de voir, par la dégradation des teintes, que ce résultat n'avait lieu que par un phénomène d'endosmose. On sent donc que, dans cette circonstance, il a dû se déposer à l'entrée de la crique beaucoup plus des matières amenées par la rivière que dans son intérieur, de sorte que si le phénomène se répétait souvent et que si les dépôts qui en résultent n'étaient pas démolis par les vagues, ainsi qu'ils le sont dans la réalité, il

s'établirait à l'entrée de cette crique un bourrelet qui la transformerait en une petite lagune.

On pourrait aussi objecter contre l'idée que les langues de terre qui nous occupent sont des barres diluviennes, que les barres actuelles ne s'élèvent pas au-dessus du niveau des eaux et qu'il ne s'en trouve pas dans tous les lieux où l'on peut supposer qu'un courant diluvien s'est jeté dans la mer. Mais, quant à la première de ces difficultés, je répondrai d'abord que je suis loin de contester la possibilité que des barres établies en dessous du niveau des eaux par les courants diluviens aient servi de points d'appui aux dépôts postérieurs des vagues qui auront fini par élever ces barres à une plus grande hauteur; et je dirai, en second lieu, que l'on ne peut douter que, quand les courants diluviens se sont jetés dans la mer, le niveau des eaux ait été momentanément plus élevé qu'il n'est maintenant; car, outre que c'est une conséquence naturelle de l'arrivée d'une si grande quantité d'eau, il y a sur la surface de nos continents des dépôts qui portent à croire que les eaux diluviennes ont été retenues pendant un certain temps à un niveau bien supérieur à celui de la mer actuelle, sans qu'il y ait eu aucun obstacle solide qui les empêchât de s'écouler dans cette dernière. C'est notamment de cette façon que j'ai cru pouvoir expliquer la formation du vaste dépôt du limon de Picardie (1).

Quant à l'absence des barres dans certains lieux où il a passé des courants diluviens, on sent qu'il a dû y avoir des circonstances qui empêchaient la formation des barres et d'autres qui devaient les faire disparaître. En effet, si le courant diluvien se jetait dans la mer en un lieu où celle-ci était très profonde, il n'a pu se former de barres visibles à nos yeux; si la barre s'est établie à peu de distance de la côte et si les attérissements qui ont suivi son établissement se sont faits avec assez de développement, ils ont pu cacher complètement la barre; enfin, lorsque celle-ci s'est formée dans des lieux convenablement exposés à l'action destructive des flots, elle a dû être entièrement démolie.

Si d'après ces considérations nous voyons des barres diluviennes dans les langues de terre indiquées ci-dessus, toutes les circonstances que présentent ces dépôts s'expliquent aisément. On voit d'abord pourquoi il n'en existe qu'aux débouchés des grands cours d'eau ou dans des lieux où l'on peut supposer qu'il est passé de puissants courants diluviens (2). On voit également pourquoi il ne se

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XIII, p. 64.

(2) M. de Beaumont cite à la vérité, d'après M. de La Bèche, une

forme plus de semblables barres, puisqu'il fallait, pour leur donner naissance, une catastrophe qui ne s'est plus représentée depuis l'époque diluvienne. On conçoit de même comment ces barres se trouvent éloignées des côtes et pourquoi il y a tant d'inégalités dans le degré de comblement des lagunes qui se trouvent entre la terre ferme et les barres, puisque, les courants diluviens tenant à des circonstances extraordinaires et ayant pris naissance avant que la forme actuelle des terres soit bien consolidée, l'action et la puissance des cours d'eau qui les ont suivis n'ont pas été en rapport avec celles des courants diluviens.

M. Élie de Beaumont fait observer que M. d'Omalius ne nie pas que les rivières aient une barre. Les courants diluviens ont donc pû de même en faire naître une; mais M. de Beaumont croit que les cordons littoraux, dont il s'est occupé, sont principalement dus aux causes actuelles. On ne sait pas exactement quel était le niveau de la mer pendant le phénomène diluvien, et comme il est naturel de penser que des courants diluviens n'ont pu avoir lieu sans être accompagnés d'énormes raz de marée, dont ceux qui accompagnent les tremblements de terre ne donnent peut-être qu'une faible idée, et par *des vents diluviens*, capables à eux seuls de faire varier le niveau de la mer, il est difficile d'admettre que les barres diluviennes aient pu présenter constamment ces rapports exacts de niveau avec la mer actuelle, qui constituent le caractère fondamental des *nehrungen* et des *lidi*. Les courants diluviens ont pu produire des barres qui ont servi de base aux barres actuelles, mais la partie émergée de ces dernières est moderne.

En Hollande, on voit, en dehors du cordon littoral, dans la

espèce de barre à la Jamaïque, île où il n'a pu se former de grands courants diluviens; mais il est bien probable que le bourrelet solide dont il s'agit a pour base un *récif de corail*, analogue à ceux qui sont si fréquents autour des îles des mers équatoriales, et que sa nature madréporique est masquée par des cailloux et des sables qui l'auront recouvert. D'un autre côté, je suis bien loin de contester que les levées ne puissent se prolonger de manière à former de petites langues de terre qui finissent par barrer une crique, ou par réunir deux îles voisines placées convenablement; mais ces dépôts, toujours très restreints et tendant à réunir en ligne droite deux points fixes, n'ont, selon moi, rien de commun avec les vastes courbes qui se trouvent en avant des deltas.

mer, des ruines romaines, parce que le sol de la Hollande va en s'enfonçant graduellement. Dans un plan du port d'Orbittello, levé en 1811, par M. Duperrey, on voit de même des ruines dans la mer. Ainsi le cordon littoral est dans la dépendance des rapports de niveau de la terre et de la mer.

Les cordons littoraux se forment comme les barres. Le vent pousse la mer contre la côte, la mer façonne son fond, la rivière charrie des vases et des galets, et la lutte de la rivière et de la mer produit une barre. Quand il y a des interruptions, elles sont dues à l'action de la rivière qui démolit son ouvrage; c'est ce qui forme des passes qui disparaissent lors du débordement des fleuves. Il y a aussi une lutte entre les lames qui viennent du large et celles qui retombent du rivage vers la mer.

Souvent un îlot se rattache à la côte par deux cordons littoraux : telles sont les presqu'îles de Giens, de Quiberon, etc. Cela vient de ce que l'île forme un obstacle sur les bords duquel la mer transporte des matériaux en formant une courbe régulière des deux côtés de l'île, de manière à la relier à la côte de chaque côté par une courbe régulière.

Dans toutes ces circonstances, on voit écrites d'une manière claire l'action de la mer actuelle; mais ces édifices contemporains ont pu se fixer dans beaucoup de cas sur une base préparée d'avance.

M. d'Omalius voit avec plaisir que M. de Beaumont admet que le phénomène diluvien a préparé la formation des *nehrungen* et des *lidi*, de sorte que l'on est d'accord sur le fond de la question, M. d'Omalius n'ayant jamais eu l'intention de contester que les vagues actuelles n'aient souvent modifié les barres diluviennes, puisqu'il reconnaît, notamment, que c'est l'action de ces vagues qui a formé les dunes qui s'élèvent sur quelques unes de ces barres; il n'a pas eu non plus l'intention de rapporter aux phénomènes diluviens les petits dépôts qui s'appuient sur des points fixes, ce qui est le cas de ceux dont M. de Beaumont vient de parler. Quant aux anciennes constructions de Katwyk, elles ne prouvent rien contre l'origine diluvienne de la grande barre qui s'étend de Calais à Hambourg, puisque la retraite de la terre émergée dans cette localité peut s'expliquer facilement soit par un léger affaissement du sol de la Hollande, soit par

une action que la mer exercerait sur cette portion de la barre diluvienne.

M. Élie de Beaumont pense que les cordons littoraux, longs ou courts, ont la même origine, car il y a toutes les transitions entre les grands et les petits cordons. Il ajoute que les cordons littoraux ont été produits dans des endroits peu profonds et dont le peu de profondeur pouvait être dû, dans beaucoup de cas, aux phénomènes diluviens.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante :

Note sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie, en réponse aux remarques de M. Martins, par M. Durocher.

Je fais observer, en commençant, que les arguments employés par M. Martins pour combattre les conclusions de ma notice précédente reposent la plupart sur des assertions qu'il me prête gratuitement ou sur une interprétation inexacte des observations que j'ai eu l'honneur d'exposer à la Société géologique, sur une assimilation des faits que j'ai signalés avec ceux qu'il a observés en Suisse.

Suivons l'ordre adopté par M. Martins. Il cite au commencement de son mémoire une foule d'exemples pour prouver que *les glaciers strient les parois verticales formant les contre-forts des vallées où ils se meuvent*. Sans admettre intégralement tous les faits que cite M. Martins, sans admettre qu'il soit toujours possible de distinguer les stries récentes des stries anciennes d'après un caractère d'une appréciation aussi délicate que le degré de fraîcheur des stries, je pense comme M. Martins que les glaciers peuvent polir et strier les deux parois des vallées où ils se meuvent, lors même que ces parois sont très inclinées, et j'ai moi-même remarqué, dans un voyage fait en 1840, sur le bord du glacier de l'Aar, des stries qui m'ont paru avoir été creusées par le glacier sur le côté gauche de la vallée; j'ai mentionné ce fait dans un mémoire présenté à l'Académie des Sciences le 3 avril 1843, et qui fait partie de la publication du voyage en Scandinavie. Je regrette que M. Martins et d'autres personnes n'aient pas bien compris le sens de ma pensée, lorsque j'ai dit que les glaciers ne strient que par leur *surface inférieure*. J'entends par la surface inférieure d'un glacier celle qui est tournée vers le bas, par opposition à la surface supérieure qui est tournée vers le ciel; je considère en effet un glacier, non comme une masse parallélipipédique, mais

comme une masse terminée par deux surfaces courbes, et j'admets sans difficulté que les glaciers peuvent polir et strier sur toute l'étendue de leur surface inférieure et par conséquent qu'ils ont pu buriner le flanc des vallées.

M. Martins cherche ensuite à prouver que les glaciers *se moulent sur les parois des canaux dans lesquels ils se meuvent*; mais les faits qu'il cite montrent seulement que les glaciers peuvent jusqu'à un certain point se mouler sur le fond de la vallée qu'ils occupent, et j'admets ce pouvoir des glaciers compris dans de certaines limites; mais ce que je n'admets pas et ce qui paraîtra difficile à concevoir à tout le monde, c'est que des glaciers aient pu pénétrer à travers des canaux profonds de 2 à 3 mètres, n'ayant que 30 à 35 centimètres de largeur, en certaines parties plus étroits par le haut que par le bas, que des glaciers enfin aient pu en strier les parois.

Ensuite M. Martins assimile les canaux et sillons que j'ai signalés en Norvège, à des canaux qui ont été observés par lui et par divers savants dans les Alpes. Sans entrer dans une discussion pour savoir si les canaux de la Norvège sont bien la même chose que les canaux dont M. Martins énumère de nombreux exemples, discussion qui ne peut être faite à propos qu'en voyant les exemples mêmes cités par M. Martins, je me bornerai à faire voir que les canaux dont j'ai parlé ne peuvent avoir l'origine que leur attribuent M. Martins et d'autres partisans de l'école glacialiste. D'abord il me paraît bien clair que des canaux étroits, ayant plus de deux mètres de profondeur, n'ont pu être creusés par des courants d'eau ordinaires, provenant de la fonte estivale des glaciers, ou de l'eau pluviale, ou de sources à la surface de roches dures comme le granite, la syénite, le diorite. L'un des caractères les plus frappants des sillons dont j'ai parlé, c'est de présenter une allure presque toujours différente de celle qu'ils prendraient sous l'action de la pesanteur; malgré leurs ondulations ils suivent une même direction générale, identique avec celle des stries fines que l'on voit sur les mêmes rochers. Ils remontent le long des surfaces inclinées, en sens contraire de la pesanteur, et souvent ils s'arrêtent brusquement en atteignant une paroi rugueuse et abrupte qui formait dans le phénomène erratique du Nord le côté abrité ou préservé. En un mot, dans leur allure et leur manière d'être, ils présentent des caractères spéciaux qui leur sont communs à eux et aux stries, et qui les rattachent à un même agent.

Mais M. Martins signale encore comme l'une des causes qui ont été en jeu dans le creusement des canaux que j'ai cités, *l'action*

du flux et du ressac sur les rochers que la mer creuse et sillonne en s'élevant journellement à leur surface ; cependant la mer, qui baigne le pied de plusieurs de ces canaux, n'a pu les endommager, ni même y faire disparaître complètement les stries dont ils sont revêtus et qui s'élèvent, comme les canaux, à des hauteurs beaucoup plus grandes que celles où elle peut atteindre. Comment aurait-elle donc pu, à l'époque où elle était plus élevée qu'aujourd'hui, creuser ces canaux par le seul effet du *flux et du ressac* ? D'ailleurs le parallélisme général des canaux et des stries sur les rochers d'une même région, de quelque manière que leur surface soit orientée ou exposée à l'action des vagues de la mer, la continuité qu'ils offrent depuis les hautes régions jusqu'aux rivages actuels, l'absence habituelle des traces d'érosion sur le côté qui est exposé au midi ou tourné vers la pleine mer, et par conséquent le plus exposé à l'action des vagues, me paraissent démontrer suffisamment qu'on ne peut les attribuer à l'action de la mer dans les conditions de calme où elle est aujourd'hui, bien que la présence de la mer ait pu exercer quelque influence sur la disposition des sulcatures des contrées basses ou littorales, à l'époque où elles ont été creusées.

Maintenant j'arrive à un passage de la note de M. Martins où il cherche à tourner en ridicule le parallélisme que j'ai dit exister entre les canaux ou sillons et les stries dans le midi de la Norvège et de la Suède ; et il arrive à cette conclusion que j'ai considéré comme parallèles des lignes faisant entre elles des angles de 83°. Si M. Martins s'était donné la peine d'examiner les choses d'un peu plus près, il aurait reconnu que le ridicule qu'il m'a prêté est purement imaginaire et provient d'une erreur géographique de sa part ; il désigne les petites îles où j'ai signalé des sulcatures, comme les *environs de Christiania*. Ce sont les environs si l'on veut, mais des environs un peu éloignés ; en effet de Christiania à l'île *Sandøe*, près *Sandefjord*, il y a 70 kilomètres, et de Christiania à *Skarholm*, près *Kragerø*, il y a 124 kilomètres, les distances étant mesurées en lignes directes, sur la carte de Norvège. Or, en disant que *l'axe des canaux et les stries que l'on y voit à l'intérieur ont la même direction que les sulcatures de la contrée environnante*, je n'ai jamais voulu dire que leur direction restait la même sur des distances de 17 lieues et de 30 lieues. D'ailleurs, il est un fait qui détermine souvent, à des distances peu considérables et quelquefois sur les mêmes lieux, des différences très grandes entre les directions des sulcatures : c'est que, comme je l'ai indiqué dans la séance du 21 décembre, en

répondant à une observation de M. Murchison, les sulcatures que l'on peut remarquer sur le sol de la Scandinavie appartiennent à plusieurs systèmes qui se croisent sous des angles plus ou moins grands et quelquefois même sous des angles droits. Les observations que j'ai faites dans mon dernier voyage sur le croisement de plusieurs systèmes de sulcatures font prendre au phénomène erratique du nord de l'Europe une face entièrement nouvelle, qui n'avait pas encore été signalée, et que je dois faire connaître avec beaucoup de détails dans un prochain mémoire; quant à la discussion à laquelle s'est livrée M. Martins pour démontrer le non-parallélisme des canaux ou sillons et des stries, je puis affirmer qu'elle n'a pas le moindre fondement.

M. Martins a placé dans son même mémoire une objection relative à des sillons que j'ai observés, il y a plusieurs années, dans la forêt de Fontainebleau, et que j'avais rapportés à des actions diluviennes; il a objecté que ces sillons présentent une direction très différente de celle que paraissent avoir suivie les courants diluviens dans leur marche générale. Je ferai d'abord observer que le passage des courants diluviens sur cette région n'est point imaginaire, comme il le donne à entendre; il est au contraire bien constaté par les détritits granitiques que ces courants ont amenés des contrées situées au S.-E., et qu'ils ont déposés en beaucoup d'endroits, non seulement dans la vallée de la Seine, mais aussi sur les plateaux qui la bordent. De plus, les remarquables accidents de terrain que l'on rencontre dans la forêt de Fontainebleau, et qui forment les sites les plus pittoresques que l'on puisse voir aux alentours de Paris, me paraissent dus, au moins en grande partie, à l'action de forces érosives et dénudantes, plus puissantes que les agents atmosphériques actuels, bien que je ne nie pas l'influence de ces derniers. Or, de même que dans les grandes inondations, telles que celle du Rhône, dont j'ai été témoin en 1840, il se forme des courants partiels produits par le relief du terrain, qui décrivent des sinuosités autour des sillons de la surface du sol, et qui présentent dans certaines parties des directions tout autres que celles du courant général, de même il a fort bien pu arriver que, parmi les courants diluviens qui ont dénudé le bassin de Paris, il y ait eu en certains endroits des courants secondaires qui, de même que les courants principaux, auront creusé à la surface des roches de grès des sillons que les agents extérieurs ont en grande partie fait disparaître, et dont il n'est resté que des traces peu étendues, mais cependant encore bien marquées.

Pour ce qui concerne les dépôts grossièrement stratifiés de sable, de graviers et fragments divers que l'on trouve sur les plateaux ou plaines de la Dalécarlie, de l'Helsingland et du Jemtland, il me paraît impossible de les considérer comme des alternances de moraines glaciaires et de dépôts sableux formés dans des lacs, ainsi que les envisage M. Martins. J'ai déjà fait remarquer dans ma notice précédente que ces plateaux n'étant point circonscrits de tous côtés par des montagnes, et présentant seulement des massifs rocheux plus ou moins élevés et allongés, mais séparés les uns des autres, il est beaucoup d'endroits où l'on ne peut invoquer l'existence d'anciens lacs formés par des barrages glaciaires ou de toute autre manière; de plus, la stratification irrégulière et ondulée des diverses zones du dépôt erratique ne ressemble nullement au genre de stratification des dépôts lacustres. Les moraines des glaciers, au lieu d'être étendues horizontalement et d'une manière uniforme sur de grandes surfaces de pays, présentent toujours une extension plus ou moins circonscrite, et tout-à-fait inégale, relative à la marche progressive ou rétrogressive des glaciers, tandis que les dépôts erratiques et grossièrement stratifiés de la Scandinavie s'étendent en présentant une allure un peu ondulée sur d'immenses surfaces; ils n'ont pas seulement rempli le fond de quelques vallées, mais ils ont nivelé une partie des inégalités du sol scandinave, et ont ainsi formé de vastes plaines dont l'horizontalité me paraît incompatible avec les actions glaciaires. Des dépôts de ce genre n'ont pu être formés que par de grandes nappes d'eau animées d'un certain mouvement; les cailloux et gros fragments qu'ils renferment sont en général beaucoup moins abondants que dans les moraines; ils sont enveloppés dans une grande masse de sable et de graviers, et ils sont habituellement arrondis ou usés sur les angles et les arêtes. Considérés en grand et dans leur ensemble, les dépôts de transport de la Scandinavie se présentent comme de vastes et épais attérissements qui sont principalement arénacés, mais où le sable et les graviers sont tantôt presque seuls, tantôt mêlés de matériaux de diverses grosseurs.

L'explication que M. Martins donne des âsars en les considérant comme des moraines remaniées, me paraît peu compatible avec leur manière d'être. Sans vouloir décrire ici les formes variées qu'affectent ces collines de dépôts meubles, je me borne aux remarques suivantes: certains âsars ont la forme de traînées ou d'amas confus de débris plus ou moins volumineux, et les glacialistes ne manqueront pas d'assimiler ceux-là à des moraines; mais beaucoup d'âsars ne sont autre chose que des collines de sable

et de graviers contenant tantôt beaucoup, tantôt peu de cailloux roulés et des blocs erratiques parsemés à leur surface ou enfoncés dans le sable. L'action de l'eau dans la formation de ces âsars me paraît difficile à contester, et si les glacialistes l'admettent, il faut alors retrancher, des dépôts formés par les glaciers, une bonne partie des terrains erratiques de la Scandinavie.

Dans cette note, je me suis borné à répondre aux objections de M. Martins; dans le cas où il en ferait de nouvelles, comme je dois reprendre plus tard l'étude des mêmes questions, je remettrai ma réponse à cette époque.

M. Martins fait la réponse suivante :

Observations sur la réplique de M. Durocher, par
Ch. Martins.

M. Durocher se plaint que je lui prête gratuitement certaines assertions et que j'interprète inexactement les faits qu'il a observés. Quelques mots d'explication suffiront pour montrer que je ne lui ai rien prêté qui ne soit bien à lui et que j'ai interprété ses observations comme elles doivent l'être, quand on attache aux mots le sens dans lequel on les emploie habituellement. Je suivrai l'ordre des arguments dont sa réplique se compose, en priant le lecteur de vouloir bien avoir constamment les deux notes sous les yeux.

Lorsque M. Durocher rapportait des exemples de stries sur des « *parois surplombantes dont l'angle à l'horizon varie depuis 20° jusqu'à 90°* » (1), il les regardait comme une objection sans réplique contre l'ancienne extension des glaciers scandinaves; car, disait-il (2), « *les glaciers possèdent la faculté de polir et de buriner, mais par leur surface inférieure, en vertu du frottement qu'ils exercent sur LEUR FOND* par suite du mouvement de progression dont ils sont animés. » Maintenant M. Durocher nous apprend qu'il entend par le fond d'un glacier, toute la partie de la vallée qui est en contact avec lui. Cette acception du mot *fond*, étant tout-à-fait nouvelle et inusitée, je ne pouvais la connaître; car pour lui, le fond d'une vallée comprend évidemment le thalweg et les contre-forts quelquefois verticaux qui la bordent; en un mot toute la portion de la vallée qui est en contact avec le glacier.

(1) C'est-à-dire verticales; voy. p. 70 et *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 24 novembre 1845.

(2) P. 74 et *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, T. XXI, p. 4459.

Je n'insisterai pas davantage ; il me suffit que M. Durocher *admette* maintenant *sans difficulté* (p. 250) qu'un glacier peut strier les parois verticales du lit dans lequel il se meut ; mais je ne saurais lui faire la même concession pour les torrents diluviens , et je suis toujours convaincu qu'ils ne peuvent tracer sur leurs berges des stries fines et rectilignes comme celles que burine le glacier.

M. Durocher termine ce paragraphe en disant qu'il ne considère pas un glacier comme un parallélipipède, mais comme une masse terminée par deux surfaces courbes. Il partage en ceci l'erreur commune qui consiste à attribuer aux glaciers une forme de berceau , à considérer leur section par un plan vertical comme un segment de cercle dont l'arc serait tourné en bas et la flèche très courte. Cette image est vraie quand il s'agit de l'escarpement terminal de quelques glaciers ; elle est fausse pour un grand nombre d'entre eux et pour les sections des parties supérieures de tous les grands glaciers. En voici la preuve. En 1843, M. Desor (1) fora un puits dans le glacier du Finsteraar ; ce puits avait 232 mètres de profondeur. D'après les mesures de M. Wild, le glacier n'a que 300 mètres de large dans cet endroit ; sa forme est donc certainement celle d'un solide dont la hauteur est au moins égale à la largeur ; car en sondant ce puits, M. Desor n'avait probablement pas atteint la roche sous-jacente.

M. Durocher n'admet pas qu'il soit toujours possible de distinguer les stries récentes des stries anciennes « d'après un caractère » d'une appréciation aussi délicate que le degré de fraîcheur des stries. » Je crains beaucoup que M. Durocher n'ait jamais vu de stries récentes, sans cela il saurait que cette appréciation n'est nullement délicate. Du reste, comme c'est un fait *de visu*, je mets sous les yeux de la Société des échantillons de roches striées pris au contact de la glace, d'autres détachés à une petite distance du glacier, d'autres enfin qui en sont éloignés de plusieurs kilomètres, dans des localités où les glaciers ne sont jamais parvenus depuis le commencement de la période historique.

Dans le second paragraphe de sa réplique, M. Durocher prétend que mes observations prouvent seulement que les glaciers peuvent jusqu'à un certain point se mouler sur le fond de la vallée ; mais il n'admet pas que des glaciers aient pu pénétrer dans les canaux profonds de 2 à 3 mètres, n'ayant que 0^m,30 à 0^m,35 de largeur, qu'il a observés dans le golfe de Christiania. Ma réponse est simple. Jamais je n'ai prétendu que des glaciers aient pénétré dans ces

(1) *Excursions et séjours dans les glaciers*, p. 494. — 1844.

canaux (voy. pl. I, fig. 1, 5 et 8) et gravé les stries qu'il y a indiquées. Je n'ai point d'opinion arrêtée sur les stries qui tapissent les canaux sinueux observés par M. Durocher au bord de la mer. Malheureusement, il n'a point mis d'échantillons sous les yeux de la Société, et la description qu'il donne de ces stries est beaucoup trop écourtée pour qu'on puisse se faire une opinion sur leur origine. Seulement il dit p. 68 : « Les stries qui s'étendent sur toute la surface de ces rochers *serpentent aussi en décrivant à peu près des mêmes sinuosités que les canaux.* » Toutes les stries glaciériques observées jusqu'ici étant toujours rectilignes et jamais sinueuses, j'incline fortement à croire que M. Durocher désigne sous le nom de stries de petites gouttières, qui reconnaissent la même origine que les canaux sinueux. De semblables gouttières existent dans l'intérieur des *Karren* de la Gemmi (1), et M. Daubrée a vu et figuré des cannelures dans les marmites de géant de l'île Hæstholmen près Stockholm (2). Mais je suis étonné que M. Durocher ait méconnu l'origine moderne de ces canaux sinueux creusés par le ressac de la mer et les eaux pluviales, lorsqu'il dit lui-même, p. 69 : « Dans les mêmes parages où j'ai » observé les faits décrits plus haut, on rencontre un grand » nombre de *pots de géants* (*pot-holes*) cavités cylindroïdes de 0^m,30 » à 1 ou 2 mètres de diamètre, avec une profondeur de 2, 3, » 4 mètres au plus, dont la surface intérieure est arrondie et polie » et dont l'axe est habituellement très incliné et présente des » ondulations; » et lorsqu'il ajoute : « Il y a une grande analogie » de formes entre les pots de géants et les canaux cylindroïdes ondu- » lés; on peut même assimiler ceux-ci à des pots de géants qui » seraient très peu inclinés: cependant il y a cette différence » essentielle que les pots de géants ont leurs parois polies, mais » non striées. » Comment cette différence peu importante a-t-elle pu l'aveugler sur la communauté d'origine des marmites des géants qui souvent contiennent encore les cailloux qui les ont creusés, et les canaux sinueux qui ne sauraient les retenir, parce qu'ils s'ouvrent sur la mer et sont disposés sur des plans inclinés?

Il est probable que les rochers arrondis au N., escarpés au

(1) Voyez Ferd. Keller, *Bemerkungen über die Karren*, fig. 9 et 10. Quand on compare les coupes verticales des canaux sinueux (*Karren*), figurées par M. Keller (fig. 1, 2, 3, 7 et 8), on est frappé de leur ressemblance avec celles que M. Durocher a données, pl. I, fig. 4, 12 et 14.

(2) *Voyages en Scandinavie de la Commission du Nord. Géographie physique*, t. I, p. 234, fig. 13.

S., vus par M. Durocher, présentent, comme ceux de Kaafiord (1), sur leurs parties *convexes*, des stries rectilignes dues à l'action d'anciens glaciers; mais il a confondu ces différents genres de sillons dont l'origine est si différente. Le reste de son argumentation supposant toujours ce que je n'ai point dit, savoir, que les stries gravées à l'intérieur des canaux sinueux avaient été burinées par d'anciens glaciers, je n'ai point à m'en occuper.

« Il me paraît bien clair, ajoute M. Durocher, que des canaux étroits, ayant plus de *deux mètres* de profondeur, n'ont pu être creusés par des courants d'eau *ordinaires* provenant de la fonte estivale des glaciers ou de l'eau pluviale ou de sources à la surface des roches denses comme le granite, la sienite, la diorite. » Pour convaincre M. Durocher que les torrents actuels sont capables de creuser ainsi les roches les plus dures, il me suffit de le renvoyer à l'observation de M. Studer (p. 113), qui a vu des canaux de plusieurs toises (*mehreren Klaftern*) creusés dans le granite le plus dur, en aval de Riva, par les eaux de la Sésia. Or, les canaux que M. Durocher décrit l'ont été par le ressac de la mer, dont la force est égale sinon supérieure à celle des torrents des hautes Alpes.

Si, ajoute M. Durocher, les canaux sinueux étaient creusés par la mer, on en verrait ailleurs que sur le versant N. des îles du golfe de Christiania, on en trouverait aussi sur le versant S. Mais il nous a dit lui-même, p. 69 et 76, que le versant du S. était escarpé, presque vertical (2); que le versant N. était doucement incliné, *dépassant rarement 30°* : or, quiconque a vu les bords de la mer sait très bien que ces canaux sont creusés par le flux et le reflux sur des rivages plats ou doucement inclinés où la mer peut s'avancer à une certaine distance. Quand la côte est escarpée, la mer y creuse des cavités conoïdes à axe horizontal, ou si la roche est peu cohérente, elle la désagrège et forme une falaise; mais elle ne saurait en aucun cas y creuser un réseau de canaux sinueux, comme sur un plan incliné.

Je ne quitterai pas l'examen de ces stries et de ces canaux sans faire observer à la Société que M. Durocher n'a pas même essayé d'expliquer ces demi-cylindres en *relief* que nous avons vus la même année, M. Schimper et moi : lui sur des porphyres en Norvège (3), et moi (voy. p. 109) sur des stéaschistes argileux

(1) Voy. pl. II, fig. 6.

(2) Voyez aussi les figures de M. Daubrée, *Voyages de la Commission du Nord. Carte de la Scandinavie*, de M. Bravais, fig. 14 et 15.

(3) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XXII, p. 43. — 5 janvier 1846.

à l'entrée de la vallée de Chamonix. En effet, quand il s'agit de sillons, de canaux, de stries, en un mot d'empreintes toutes *en creux*, des esprits prévenus, plus indulgents pour l'ancienne que pour la nouvelle théorie, peuvent être tentés de les attribuer à l'action des eaux ; mais quand on découvre en Suède comme en Savoie, sur des roches polies et striées, les parties dures telles que des rognons siliceux compacts, suivis de *demi-cylindres en relief* parfaitement rectilignes et dont la saillie diminue à mesure qu'ils s'éloignent du rognon quartzeux ; alors il faut renoncer à expliquer ces moulures en relief par l'action d'un agent liquide, et reconnaître celle d'une masse solide qui *conserve* pendant quelque temps l'impression *en creux* que le rognon de quartz y a imprimé.

Dans le résumé de son mémoire envoyé à l'Académie des sciences (1), M. Durocher énumère les canaux sinueux et les stries qu'il a observés sur les deux côtés du golfe de Christiania et sur les petites îles qui bordent ces rivages : ce sont les îles de Skarholm, Saasteinholm et de Sandoe ; puis il ajoute, ligne 26 : « L'axe de ces canaux et les stries que l'on y voit à l'intérieur ont la même direction *générale* que les sulcatures de la *contrée environnante* ; il est évident que tout cela dépend d'un même phénomène. » Cette phrase est claire ce me semble : canaux et stries ont la même direction GÉNÉRALE que les sulcatures de la contrée environnante ; donc, canaux, stries et sulcatures des îles et du continent sont parallèles ; car deux systèmes de lignes parallèles à un troisième sont parallèles entre eux : or j'ai montré, p. 115, 1° que ces canaux ne sont pas parallèles entre eux, et 2° qu'ils ne le sont ni avec la direction des stries indiquée par M. Siljestroem à Christiania, ni avec celle trouvée par M. Durocher lui-même (p. 72), sur le bord oriental du golfe de Christiania. Ainsi je n'ai pas tourné en ridicule le parallélisme indiqué par M. Durocher, j'ai seulement prouvé qu'il n'existait pas. Quoi qu'il en soit, en renonçant au parallélisme des stries et des canaux, il renonce par cela même à l'idée d'un courant unique dirigé du N. au S., et dont le golfe de Christiania eût été le lit.

M. Durocher ne trouve pas qu'on puisse appeler « environs de Christiania » un cercle de 12 myriamètres de diamètre. Mais je ne crains pas qu'aucun géologue s'étonne de voir Compiègne, Fontainebleau, Chartres, Dreux et Vernon compris dans les environs de Paris, et cependant ces villes occupent la circonférence d'un

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XXI, p. 4458.
— 24 novembre 1845.

cercle dont le diamètre est de 12 myriamètres, comme celui dont parle M. Durocher. Il termine ce paragraphe en assurant que
 « les observations qu'il a faites dans son dernier voyage sur le croi-
 » sement de plusieurs systèmes de sulcatures *font prendre au phé-*
 » nomène erratique du nord de l'Europe une *face entièrement nou-*
 » velle qui n'avait pas encore été signalée. »

Il m'est impossible d'accorder à M. Durocher le mérite de cette découverte, lorsque j'ai sous les yeux le mémoire de M. Siljeström (1), celui de M. Daubré (2), la carte de la Scandinavie de M. Bravais (3) et la carte géologique de la Norvège septentrionale de M. Keilhau (4), où les orientations si variées des stries sont indiquées par des flèches ou estimées en angles azimutaux avec d'autant plus d'impartialité que ces auteurs ne se prononcent pas sur l'origine de ces sillons. Mais je veux être le premier à féliciter M. Durocher d'avoir renoncé à l'idée d'un courant unique qui « se
 » serait précipité (5) du nord vers le sud, envahissant la Norvège, la
 » Suède et la Finlande, démantelant les montagnes et les rochers
 » qu'il trouvait sur son passage, polissant leur surface et y traçant
 » des sillons au moyen des détritiques qu'il en arrachait. Les mêmes
 » masses d'eau, ajoutait-il, qui avaient passé sur la Scandinavie
 » et la Finlande ont dû se répandre sur l'Allemagne, la Pologne
 » et la Russie. Du côté oriental, le courant a dû se perdre peu à
 » peu dans les plaines immenses de l'empire russe, et du côté oc-
 » cidental il est venu expirer au pied des montagnes de l'Allemagne
 » le Riesengebirge, l'Erzgebirge et le Harz (6). » A coup sûr, si M. Durocher avouait encore ce courant colossal qu'il avait conclu du parallélisme des stries dans la Norvège et la Suède septentrionales, sans faire attention que ces stries parallèles avaient été burinées par une force agissant en Laponie du S.-E. au N.-O., et en Suède du N.-O. au S.-E., il ne m'aurait pas reproché d'avoir considéré le golfe de Christiania comme devant être pour lui le lit d'un torrent diluvien de médiocre dimension.

Passons aux gouttières de la forêt de Fontainebleau, dont j'ai

(1) *Voyages en Scandinavie de la Commission du Nord. Géographie physique*, t. I, p. 493.

(2) *Ibid.*, p. 224.

(3) Même publication. *Atlas de physique*.

(4) *Erster Versuch einer geognostischen Karte von Norwegen. Erstes Blatt.* — 1844.

(5) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. XIV, p. 409. — 17 janvier 1842.

(6) *Loc. cit.*, p. 407.

parlé p. 118, et qui sont figurées pl. II, fig. 1. Et d'abord je ne nie point que les vallées de la forêt de Fontainebleau n'aient été creusées par des courants diluviens. Je n'ai point d'opinion arrêtée sur cette question, dont je ne me suis pas occupé. Je répète seulement que ces gouttières sont des gouttières de pluie, *perpendiculaires* au thalweg de la gorge, et je ne conçois pas de courant large ou étroit, profond ou superficiel, diluvien ou non, qui puisse creuser des sillons perpendiculaires à sa direction, tandis qu'il n'en creuserait aucun qui soit parallèle à son cours. Du reste, la localité étant voisine de Paris, chacun pourra juger entre nous.

A propos de mon explication des sables d'attérissement de la Dalcarnie par des barrages de glaciers et la formation de grands lacs, M. Durocher reproduit ses assertions sans y ajouter aucun fait nouveau et en se tenant dans un vague d'expressions qui rend toute discussion impossible. Ainsi il parle « de cailloux et de gros » fragments arrondis ou usés sur les angles et les arêtes. » Cette description s'applique également aux cailloux roulés, arrondis, polis par les eaux, et aux cailloux usés, frottés et striés par les glaciers. Desquels veut-il parler ? c'est ce qu'il est impossible de savoir. En général, et c'est par là que je terminerai, M. Durocher et quelques autres adversaires de l'ancienne extension des glaciers sont souvent difficiles à combattre, parce qu'ils ne connaissent pas parfaitement les effets produits par les glaciers actuels. Ils confondent sans cesse les empreintes dues au passage des eaux, avec celles qu'un ancien glacier a laissées après lui, et cette confusion rend leurs descriptions incompréhensibles. Dans l'intérêt de cette question il serait à désirer qu'un plus grand nombre de savants se livrât à une étude suivie et persévérante des glaciers ; car si l'on exige du géologue qui discute l'âge ou la superposition d'un terrain qu'il l'ait étudié en *habitant* pour ainsi dire à sa surface, pourquoi serait-on moins sévère lorsqu'il s'agit des glaciers dont tous les phénomènes sont si variés, si complexes, si changeants, si imprévus et tellement en dehors des recherches habituelles du géologue qu'ils forment une espèce de terrain neutre où la physique, la météorologie et la géologie viennent se donner la main ?

M. Élie de Beaumont fait suivre cette communication de quelques observations dans lesquelles il prend la défense de M. Durocher.

M. Martins réplique et maintient ses remarques critiques.

M. Grange croit pouvoir établir que le phénomène diluvien n'a pas pu avoir lieu sans une très grande extension des glaciers alors existants.

Extrait d'un Mémoire sur la sélénologie, par M. Rozet
(voir page 174).

Depuis la première carte de la lune dressée par Dominique Cassini vers la fin du dernier siècle, les astronomes se sont beaucoup occupés de l'étude de la partie visible de notre satellite, et des cartes beaucoup plus exactes ont été dressées sur une grande échelle et publiées en Allemagne par Lohrmann et par Beer et Madler.

A l'aide de ces cartes, M. de Élie Beaumont est parvenu à faire des rapprochements extrêmement remarquables entre les formes que présentent certaines parties des masses montueuses de la terre et les ouvertures annulaires de la surface de notre satellite, et il a fini par conclure, vu les grandes dimensions de celles-ci, qu'elles ont beaucoup plus de rapports avec les cratères de soulèvement qu'avec ceux d'éruption.

Pendant l'été de 1844, un de mes camarades ayant attiré mon attention sur les formes circulaires de la presque totalité des accidents de la surface lunaire, je me livrai sérieusement à l'étude des phénomènes que présentent ces accidents pendant le cours de plusieurs lunaisons. Je n'avais alors à ma disposition aucune des cartes de la lune, et à mon retour à Paris, j'ai eu la satisfaction de voir que mes observations concordaient parfaitement avec les belles sélénographies de Lohrmann, de Beer et Madler. Le grossissement de ma lunette n'étant pas très considérable, j'ai retrouvé sur les cartes des Allemands beaucoup de détails qui m'avaient échappé, et ces détails sont venus s'intercaler parfaitement dans les grandes divisions sélénographiques que j'avais établies.

Les contours de tous les grands espaces grisâtres, *mare*, sont formés par des arcs de cercles qui s'intersectent entre eux. Le nombre des arcs se réduit quelquefois à deux, rarement à un, *mare crisium*. Ces contours présentent des escarpements qui paraissent droits, mais dont la pente de plusieurs est de 45°. La matière offre des formes irrégulières, comme si elle était boursouflée. La hauteur de ces escarpements dépasse souvent 4,000 mètres. Dans l'intérieur de ces grands espaces, on remarque des ouvertures cir-

culaires, des anneaux parfaits, dont le diamètre atteint 10 myriamètres, et la hauteur du bourrelet terminal 4,000 mètres. Plusieurs de ces anneaux ont un pic au milieu, un peu moins élevé que les bords de l'anneau.

Les grandes taches grisâtres qui couvrent en grande partie les régions septentrionale, orientale et occidentale du disque, laissent dans la région méridionale un espace extrêmement brillant, couvert d'une infinité d'anneaux de toutes les dimensions. Ces anneaux sont simples et isolés, complexes, réunis deux à deux, trois à trois, etc. Quand deux anneaux se touchent, leurs contours sont toujours déformés : c'est généralement le plus petit qui a échancré le plus grand, et dans l'intérieur de ces grands anneaux il en existe presque toujours de plus petits qui échangent les bords, lorsqu'ils viennent à les toucher. Toute la croûte blanche de la partie méridionale est criblée d'une infinité de petites ouvertures circulaires, de petits anneaux. Le fond des anneaux paraît plat ; on voit sur celui des grands des parties plus ou moins élevées, disposées suivant des arcs de cercles parallèles au contour de l'anneau ; en sorte qu'ils semblent avoir été formés à la surface d'une masse liquide, sur laquelle auraient nagé des scories, par une ondulation circulaire, dont l'intensité aurait diminué progressivement.

Toutes les taches grisâtres *mare* de la surface lunaire présentent le même caractère. Leur fond offre des aspérités plus ou moins considérables, formant de grandes lignes circulaires, parallèles au contour. On y aperçoit aussi de simples taches, des parties qui n'ont aucune saillie, dont les formes circulaires sont bien marquées. Ainsi, il n'y a aucun doute qu'une cause générale, produisant des formes circulaires, n'ait eu une immense influence dans la formation de la croûte solide de notre satellite. On se rendrait parfaitement compte de tous les faits que nous venons d'énumérer, en supposant une quantité de tourbillons plus ou moins considérables dans la matière en fusion, et dont l'amplitude aurait diminué avec la liquidité de cette matière.

On voit dans diverses parties de la surface de la lune des lignes d'aspérités se bifurquant, se trifurquant même, mais rien qui rappelle nos chaînes de montagnes avec leurs rameaux et contre-forts. On n'y aperçoit rien non plus d'analogue à nos vallées, qui offrent un grand nombre de ramifications. On y voit des fentes, sur le fond du *mare vaporum*, par exemple ; mais ces fentes sont simples, elles paraissent couper tous les accidents orographiques qui se trouvent sur leur passage. Plusieurs de ces fentes divergent d'un centre, Tycho, Copernic, Képler, et forment des étoilements

qui offrent une certaine analogie avec les cratères de soulèvement de M. de Buch ; mais ceux-ci seraient beaucoup plus considérables que ceux de la terre, puisqu'il part de Tycho une fente qui traverse diamétralement la lune, et que la longueur de plusieurs dépasse le quart du diamètre lunaire. Ainsi donc, après la consolidation de la surface de la lune, l'intérieur de cette planète aurait réagi avec une grande intensité sur son extérieur.

Une étude suivie, sous toutes les inclinaisons des rayons solaires, qui viennent successivement éclairer les diverses parties de la lune, y fait reconnaître deux couches bien distinctes, mais seulement deux couches : le fond des grands espaces grisâtres, qui est aussi celui des anneaux, et la partie scoriacée, élevée au-dessus de ce fond d'une quantité qui a été mesurée pour un grand nombre des points. Ces mesures, prises par les Allemands à l'intérieur et à l'extérieur de plusieurs anneaux, m'ont donné le moyen de calculer approximativement l'épaisseur de la croûte que j'appelle scoriacée : en rejetant quelques nombres, dont les écarts sont trop considérables, ce qui tient à des circonstances expliquées dans le mémoire, j'ai trouvé 642 mètres pour l'épaisseur moyenne de cette croûte.

Je n'ai voulu donner, dans cet extrait, que les résultats principaux auxquels j'ai été conduit par l'étude des divers accidents que présente la partie visible de notre satellite. Mon mémoire en contient un bien plus grand nombre, et surtout une quantité de détails indispensables pour arriver à ces résultats. De tous les faits exposés, et de toutes les déductions auxquelles ces faits m'ont conduit, j'ai cru pouvoir tirer les conclusions suivantes :

1° Le globe lunaire ayant dû être primitivement à l'état de fusion, comme tous ceux du système solaire, s'est lentement refroidi

2° Pendant la formation de la pellicule extérieure, il existait dans la masse liquide des mouvements qui déterminaient des ondulations circulaires qui, rejetant les scories du centre à la circonférence, formaient des bourrelets annulaires, par l'accumulation de ces scories à la limite de l'ondulation. Quand plusieurs mouvements se trouvaient dans des conditions telles que la distance des centres, pris deux à deux, était moindre que la somme des rayons, il en résultait un espace fermé, dont le contour festonné était formé par l'intersection de plusieurs axes de cercles. Quand pour deux centres la distance qui les séparait était plus grande que la somme des rayons, il s'est formé deux anneaux complets.

La teinte sombre des grandes taches et du fond des anneaux

provient de ce que ce fond est sensiblement uni, tandis que les diverses parties de la croûte scoriacée qui les environne offrent une foule d'irrégularités qui réfléchissent la lumière du soleil, ce qui les fait paraître si éclatantes.

3° L'amplitude des ondulations paraît avoir diminué avec la liquidité de la surface ; mais le phénomène s'est continué pendant toute la durée de la consolidation, comme l'annonce cette quantité de petits anneaux que l'on trouve jusque dans l'intérieur de ceux dont le diamètre est encore appréciable.

4° Le mode de formation que nous attribuons aux anneaux lunaires exclut tout-à-fait l'idée de cratères semblables à ceux de nos volcans et même de cratères de soulèvements.

5° La surface de notre satellite s'étant consolidée de la manière que nous venons de dire, il ne s'est ensuite déposé sur elle aucune couche solide venant de l'extérieur ; car autrement tous les petits anneaux, tous les petits accidents de fracture auraient disparu. La parfaite conservation de tous ces accidents annonce qu'aucun liquide n'a jamais existé en quantité notable, non seulement à la surface de la lune, mais encore dans son atmosphère.

6° Après l'entière consolidation de l'enveloppe extérieure, la matière fluide intérieure, agissant contre cette enveloppe, l'a brisée, souvent en formant de grands étoilements.

7° Quant aux lignes étroites, plus ou moins droites, que l'on voit sur le fond de certaines taches, ce sont des failles semblables à celles de la surface de la terre.

8° Les très petites ouvertures circulaires du fond des fentes d'étoilement peuvent être des anneaux ; mais elles peuvent être aussi des bouches volcaniques, semblables aux nôtres, qui seraient alors une conséquence de l'action qui a formé ces fentes.

9° Ainsi donc, après l'entière consolidation de la croûte lunaire, des efforts intérieurs, puissants, l'ont brisée sur plusieurs points. A cette époque, son épaisseur devait déjà être considérable, puisqu'il s'est fait des fentes très longues et très larges.

Puisqu'il n'a jamais existé à la surface de la lune un liquide en quantité notable, ni même une atmosphère dans laquelle il y aurait eu de la vapeur d'eau, il résulte de là qu'aucun être vivant, végétal ou animal, semblable à ceux de la terre, n'a pu vivre sur la lune ; et puisqu'il est assez bien démontré que cette planète n'a point d'atmosphère, il ne peut point y exister d'êtres dans l'organisation desquels il entrerait des liquides, et l'on ne peut pas concevoir d'êtres organisés sans liquides.

10° De l'ensemble de notre travail il résulte un fait important,

capital : c'est que la surface de la lune nous laisse voir tous les accidents de sa consolidation et les traces des divers bouleversements qu'elle a éprouvés. Sur notre terre, la plus grande partie de ces accidents est cachée par des dépôts aqueux; mais plusieurs régions dans lesquelles les roches de fusion sont à découvert, la Bretagne, la Bohême, nous présentent des formes très analogues à celles de la lune. Il est probable que si la surface de la terre était débarrassée des mers et de tous les dépôts de sédiment qui la recouvrent, les formes annulaires y seraient dominantes. Il doit en être de même pour toutes les autres planètes du système solaire; car les tourbillonnements de la matière en fusion me paraissent une conséquence des mouvements inhérents aux particules matérielles, ou aux divers corps qui, en s'agglomérant autour des grands centres d'attraction, ont formé ces planètes.

Je dis que les mouvements étaient inhérents aux éléments dont la réunion a donné naissance aux planètes, parce que, d'après le principe de l'attraction universelle, tous les corps de l'espace doivent tourner les uns autour des autres, et sur eux-mêmes : autrement ils seraient bientôt confondus en une seule masse.

Ces éléments étaient fluides, puisque toutes les planètes sont terminées par des surfaces de niveau. Pendant tout le temps de la chute sur une planète, à l'état de formation, de ses parties constituantes, pendant toute la durée de l'établissement de la surface de niveau extérieure, il a nécessairement existé des tourbillonnements dans la partie supérieure de la masse liquide, résultant des mouvements dont étaient doués les corps qui tombaient sur elle, et l'amplitude des tourbillonnements était d'autant plus grande que les corps étaient plus considérables. Ces tourbillonnements ont dû aller en diminuant constamment d'amplitude et d'intensité par l'effet du frottement, qui croissait rapidement avec le refroidissement de la matière.

M. d'Omalius demande pourquoi M. Rozet récuse l'existence des gaz à la surface de la lune; il dit que cela n'est pas conforme avec ce que nous voyons sur la terre. On peut concevoir que les gaz n'auraient été que des vapeurs qui repassaient immédiatement à l'état solide. Il pense qu'il y a peut-être dans la lune des corps différents de ceux qui existent à la surface de la terre, et que, de même qu'il pourrait y avoir là une chimie différente de la nôtre, il pourrait aussi y avoir une vitalité différente.

M. Rozet répond qu'il croit que la lune n'est composée que de métaux, et qu'il ne peut y avoir d'animaux à sa surface à cause de l'absence d'atmosphère ; que quant à l'existence des gaz, elle n'est nullement nécessaire pour expliquer les formes annulaires, qui auraient pu être également produites par des dégagements de gaz ou de vapeurs qui repasseraient immédiatement à l'état liquide, comme le suppose M. d'Omalus.

Séance du 16 février 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Raulin, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

CIA (Policarpo), ingénieur au corps royal des mines d'Espagne, à Oviédo (Espagne), présenté par MM. Schulz et Salméan ;

LUACES (Joaquin), ingénieur au corps royal des mines d'Espagne, à Léon (Espagne), présenté par MM. Schulz et Salméan ;

FOURNEL (Henri), ingénieur en chef des mines, à Alger, présenté par MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy.

M. DE KERGOLAY est admis, sur sa demande, à faire de nouveau partie de la Société.

Le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants* ; janvier 1846.

De la part de M. Constant Prévost, *Rapport adressé à M. le ministre de l'instruction publique sur les gisements d'animaux*

fossiles découverts dans le bassin de la Garonne (extrait des *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XX, séance du 30 juin 1845); in-8°, 7 pages. Paris, 1845.

De la part de M. Legros-Devot, *Des divers projets conçus ou exécutés pour donner à la ville de Calais une eau saine et potable* (puits artésien); in-8°, 20 p., 1 pl. Calais, 1845.

De la part de M. James D. Dana, 1^o *Notice*, etc. (Notice sur le Traité des minéraux pseudomorphes du Dr Blum, et Observations sur le pseudomorphisme (extrait du *Journal américain des sciences*, vol. XLVIII); in-8°, 30 p. New-Haven, 1845.

2^o *Origin*, etc. (Origine des minéraux de trapp constituant et accidentels et des roches analogues) (extrait du *Journal américain des sciences*, vol. XLIX); in-8°, 18 p. New-Haven, 1845.

De la part de M. Achille de Zigno, *Sopra due fossili*, etc. (Mémoire sur deux fossiles découverts dans le calcaire des monts Padouans); in-4°, 8 p., 1 pl. Padoue, 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1846, 1^{er} semestre, t. XXII, nos 5 et 6.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. IV, n^o 23, 24.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; t. XVIII, novembre et décembre 1845.

Mémoires de la Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de Bayeux; t. II, 1844.

Mémoires de l'Académie royale de Metz; 1844-1845.

Mémoires de la Société d'agriculture, sciences et arts de l'arrondissement de Valenciennes; t. V, 1845.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} sem., nos 10 à 13.

L'Institut, 1845, nos 631 et 632.

Le Mémorial encyclopédique, décembre 1845.

The American Journal of science and arts, by Silliman; vol. XLIX, octob. 1845.

The Athenæum, 1846, nos 953 à 955.

The Mining Journal, 1846, nos 545 à 547.

El pensamiento de la nacion (la Pensée de la nation); 4 febr. 1846, n^o 105.

De la part de M. le ministre des travaux publics, *Carte géologique du département de l'Isère*, par Émile Gueymard, 1 feuille grand-aigle; Grenoble, 1845.

Le Secrétaire lit successivement : 1^o une lettre de M. Legrand, sous-secrétaire d'État des travaux publics, relative à l'envoi de la carte géologique de l'Isère, par M. Gueymard ; 2^o une lettre de M. Legros-Devot, qui remercie la Société de l'avoir admis dans son sein, et qui annonce l'envoi d'une *Notice sur les divers projets relatifs à l'acquisition d'une eau saine dans la ville de Calais*; 3^o une lettre de M. Fournel, qui demande à faire partie de la Société; 4^o enfin une lettre de M. A. de Zigno, accompagnant l'envoi de ses *Observations sur les terrains crétacés des Alpes vénitiennes*, et d'un exemplaire de son Mémoire sur les *Crioceras*. « Je dois insister, ajoute-t-il, sur mon droit » de priorité (en Italie) à cet égard; car, quoiqu'il y ait des » *Crioceras* dans presque toutes nos collections, personne pour- » tant ne les avait ici reconnus, c'est-à-dire personne ne s'en » était occupé avant moi. Quant à la planche du musée Calceolari » citée par M. Deshayes, elle ne prouve rien, car du temps de » Calceolari on ne savait pas distinguer les fossiles; la figure » approche plutôt de l'*Ammonites recticostatus* d'Orb. que du » *Crioceras Emericii*, dont elle ne possède pas un seul caractère. » D'ailleurs, qui a jamais vu un *Crioceras* avec cinq tours de » spire complets? »

Après quelques observations de divers membres, la Société adopte le projet du budget suivant, présenté par M. le trésorier pour l'année 1846, et adopté par le conseil dans la séance du 13 février 1846.

DÉPENSE.

DÉSIGNATION des chapitres de la dépense.	NUMÉROS DES ARTICLES.	NATURE DES DÉPENSES.	SOMMES prévues au budget de 1845.	SOMMES admises pour 1846.
§ 1. Personnel.	1	Agent, { son traitement.	1,800 »	1,800 »
	2		300 »	300 »
	3		300 »	» »
	4	Garçon de bureau, { ses gages.	800 »	800 »
4 bis.	gratification.		» »	100 »
§ 2. Frais de logement.	5	Loyer, contributions, assurance.	1,100 »	1,300 »
	6	Chauffage et éclairage.	400 »	400 »
§ 3. Frais de bureau.	7	Dépenses diverses.	200 »	250 »
	8	Ports de lettres.	450 »	400 »
	9	Impressions, lithographies diverses, avis, circulaires, etc.	200 »	250 »
§ 4. Encaissement.	10	Change et retour de mandats.	300 »	250 »
	11	Mobilier.	100 »	100 »
§ 5. Matériel	12	Bibliothèque.	400 »	500 »
	13	Collections.	100 »	100 »
	14	Bulletin. . { impression, papier, plan- ches, etc.	5,500 »	5,000 »
15	port.		1,200 »	1,100 »
§ 6. Publications.	16	Mémoires, { achat d'exemplaires	» »	2,000 »
	17		dépenses supplémentaires et indemnités.	1,400 »
§ 7. Placement de ca- pitaux.	18	menus frais.	50 »	50 »
	19	Achat de rentes sur l'État.	2,400 »	2,400 »
	20	Achat de Bon du Trésor (placement temporaire pour contribuer aux dé- penses d'un ouvrage intitulé: <i>Résumé des progrès de la géologie</i>)	200 »	1,000 »
§ 8. Dépenses impré- vues.	21	Avances remboursables.	100 »	100 »
Total des dépenses prévues. . .			17,300 »	18,350 »

RÉSULTAT GÉNÉRAL.

La recette présumée s'élevant à 48,454 fr. 75 c.

Et la dépense présumée à 48,350 »

L'excédant de la recette sur la dépense est de 404 fr. 75 c.

Le Secrétaire donne lecture d'une nouvelle lettre de M. J. Canat qui complète la première lue dans la séance du 17 novembre (voir p. 49), et dont l'insertion avait été provisoirement ajournée, ainsi que celle des observations de MM. Virlet et Pomel.

Première note sur les prétendus fossiles marins de Belnay,
par M. J. Canat.

La découverte de fossiles marins de l'époque actuelle à Belnay, près de Tournus (département de Saône-et-Loire), annoncée à

la Société géologique par M. Virlet (*Bulletin*, 2^e sér., t. II, p. 281) et communiquée à l'Académie des Sciences, a eu un certain retentissement. Les conséquences que l'on tirait de ce fait conduisaient à admettre que la mer, à une époque récente, avait dû couvrir des terrains situés aujourd'hui à plus de 50 myriamètres de la Méditerranée et élevés à 175 mètres au moins au-dessus de son niveau actuel. Cette observation venait changer les idées qu'on avait sur la nature de ces terrains, regardés jusqu'à présent comme une formation d'eau douce, et rapportés à une époque géologique plus ancienne.

J'allai visiter les lieux dans le courant d'octobre. Je fis faire une fouille dans le fossé qui est entre la route et la petite maison nouvellement construite, précisément à côté de l'endroit où M. Virlet et M. l'abbé Landriot en avaient fait pratiquer une : on distinguait encore la place où le terrain avait été remué. A la profondeur de 30 centimètres environ, la pioche fit sauter trois coquilles, un fragment d'huitre et deux murex. Une circonstance me frappa : la terre extraite du trou en même temps que les coquilles était mélangée de fragments de briques rouges ; j'y trouvai un petit morceau de poterie : un des fragments de brique, ayant le volume du poing, était situé au-dessous des coquilles. A 12 ou 15 centimètres plus bas, l'instrument fut arrêté par le roc jurassique. La personne qui fit cette petite fouille devant moi était la même qui avait fait la fouille dirigée par MM. Virlet et Landriot : c'était le propriétaire de la maison, M. Mazoyer, tonnelier, qui me donna les renseignements suivants.

Les fondations de la maison ont eu peu de profondeur ; elle est assise sur le roc ; en effet, à cet endroit la pente de la montagne devient fort sensible, et l'on n'est plus sur l'alluvion ancienne. En creusant ces fondations, on a constamment trouvé un terrain mêlé de tuileaux. Dans la partie nord on a rencontré des restes de vieilles constructions. On a retiré des fondations deux objets antiques, consistant en des cylindres creux de métal que le propriétaire a comparés aux *boîtes* des roues de nos voitures. A peu de distance de l'endroit où ont été trouvées les coquilles, les travaux ont mis au jour des conduits en terre cuite empâés dans un massif de ciment. Les coquilles n'ont été trouvées que vers l'extrémité sud de la maison, sur un espace de 2 ou 3 mètres carrés, très rapprochées les unes des autres, et formant un amas plat de 10 ou 12 centimètres d'épaisseur. Elles étaient nombreuses : on a pu en remplir plusieurs paniers.

Elles appartiennent à deux espèces actuellement vivantes de la

Méditerranée et de l'Océan : une grande huître (*Ostrea hippopus*), et un murex (*Murex trunculus*) : (Voir la note de M. Virlet.)

On mange ces grandes huîtres, quoiqu'elles soient peu estimées. « Beaucoup de murex se mangent, et quelques espèces étaient même fort estimées des anciens ; mais aujourd'hui on les abandonne à la classe des pauvres pêcheurs. » (*Dictionnaire d'histoire naturelle*, éditeur Déterville ; tom XXIX, page 424.)

Pline (lib. 32, cap. 6) mentionne ces grandes huîtres de la manière suivante : « *Inter nos, nepotis* (1) *cujusdam nomenclator* (hæc ostrea) *Tridacna appellavit, tantæ amplitudinis intelligi cupiens, ut ter mordenda essent.* »

On verra par les citations qui suivent combien les murex et beaucoup d'autres coquillages aujourd'hui dédaignés étaient recherchés des anciens.

Macrobe (liv. III) nous a conservé la carte d'un repas très ancien donné par Métellus, souverain pontife, à d'autres grands personnages ; elle commence ainsi : *Ante cœnam Echinos, Ostreas crudas quantum vellent, Peloridas, Spondylos, Glycimaridas, Urticas, Lumbos aprungos, Altilia ex farinâ involuta, Ficedulas, Murices ac Purpuras.*

Murice Baiano melior Lucrina Peloris.

(HORACE.)

Les Pourpres des anciens étaient des espèces appartenant au genre murex (Dict. cit.).

On ne mangeait, à ce qu'il paraît, que la partie supérieure des animaux de ces coquilles turbinées ; ce qu'on appelait en grec *τραχηλόν*, trachèlon ; d'où les Romains avaient fait Trachali. *Trachali appellantur Muricum ac Purpuræ superiores partes ; unde Ariminenses maritimi homines cognomen traxerunt Trachali.* (Festus Pompeius.)

(On peut consulter sur ce sujet un ouvrage plein de recherches intéressantes : *Ludovici Nonni Diceteticon, sive de re cibariâ* ; lib. III, cap. XXXVI et XXXVII.)

La trouvaille de Belnay se réduit donc à une agglomération de coquilles d'espèces comestibles sur l'emplacement d'une ancienne habitation, très probablement romaine. Ces coquilles d'huîtres et de murex devaient provenir d'une cuisine d'où elles étaient jetées dehors en un tas, après que les animaux en avaient été

(1) *Nepos* signifie ici un prodige.

mangés. — Le propriétaire de la maison actuelle, homme simple et judicieux, avait eu déjà cette idée. MM. Virlet et Landriot ont été trompés par une préoccupation scientifique.

Je conserve, comme pièce de conviction, les morceaux de briques et de poterie trouvés avec les coquilles, et les coquilles elles-mêmes, encore pleines d'une terre grisâtre où l'on voit de très petits fragments de brique rouge.

Il ne sera donc rien changé aux notions que nous possédons sur la nature des terrains qui forment les vastes plaines étendues depuis Dijon jusqu'à Tullins et Voiron, dans le département de l'Isère. M. Élie de Beaumont les a rapportés à la dernière période de l'époque tertiaire; M. Rozet voit dans leurs couches superficielles la représentation de l'époque complaisamment appelée diluvienne: tous deux les considèrent comme formés dans un grand lac d'eau douce. A cet égard, mes observations, favorisées par les travaux du chemin de fer de Dijon à Châlon, confirment la manière de voir de ces géologues: elles feront l'objet d'une communication prochaine.

Deuxième note sur les prétendus fossiles marins de Belnay, près Tournus.

Depuis l'envoi de ma première note, M. Landriot et un de mes amis, examinant ensemble un panier d'huîtres rapportées de Belnay, ont trouvé un petit morceau de brique encore adhérent à l'intérieur d'une des coquilles. Ce fait, dont M. Virlet a eu connaissance en passant par Autun, a commencé à ébranler sa conviction; il m'a paru tout-à-fait converti à mon opinion, lorsque, pendant son séjour récent à Châlon-sur-Saône, je lui ai montré les fragments de briques et de poteries que j'avais trouvés avec les coquilles. La pièce la plus probante que je conserve est un murex cassé par la pioche, dans l'intérieur duquel on voit de la terre mêlée de très petits fragments de brique.

L'objection que les coquilles pouvaient avoir vécu sur place et avoir été ensuite remaniées avec des objets de l'industrie humaine, dans des travaux anciens, ne peut subsister; car, même dans cette supposition d'un remaniement, c'est une terre homogène, une terre vierge qui devrait remplir encore l'intérieur des coquilles.

M. Virlet, qui paraît avoir développé cette objection, avait eu l'intention, m'a-t-il dit, de faire pratiquer une fouille à une certaine distance de l'endroit où étaient les coquilles, afin de rechercher et de mettre au jour le prétendu banc d'huîtres, dans un lieu

où il n'aurait pas été anciennement remué. — Une fouille de ce genre a été faite, depuis la visite sur les lieux de MM. Virlet et Landriot : on a ouvert une tranchée pour fonder un mur autour de la cour de la maison. Cette tranchée partait précisément de l'endroit où l'amas de coquilles a été trouvé, et se dirigeait *du côté de l'alluvion ancienne*; on n'a pas rencontré une seule coquille dans le cours de ce travail.

Suivant ce que m'a dit M. Virlet, quelques uns des murex appartiendraient à l'espèce *Murex brandaris*; j'y trouverais une confirmation que ces coquillages furent mangés ou destinés à l'être; en effet, le *Murex brandaris* n'est autre chose que le *Purpura* des anciens (article *Pourpre* du Dictionnaire d'histoire naturelle, éditeur Déterville) : c'était un mets recherché, comme l'indiquent ces vers de Martial.

*Sanguine nostro tinctas ingrâtè lacernas
Induis, et non est hoc satis, esca sumus.*

Ostrea nulla fuit, non purpura, nulla peloris.

M. Virlet, à l'occasion des notes de M. Canat, fait remettre sous les yeux de la Société des échantillons d'*Ostrea hippopus*, de *Murex brandaris* et de *M. trunculus*, recueillis à Belnay par MM. Landriot, Large fils, de Tournus, et lui. Il rappelle que c'est un fait très connu que ces espèces étaient fort recherchées des anciens, et que cependant ce qui les avait empêchés d'admettre à leur sujet l'opinion du propriétaire du sol, c'est que : 1^o elles sont disséminées indistinctement et non entassées au milieu d'une argile glaiseuse, à l'instar des dépôts vaseux que l'on voit journellement se former sur certains rivages, où ils enveloppent également les coquilles amenées et délaissées par les eaux de la mer; 2^o la plupart des huîtres, circonstance à laquelle M. Canat ne paraît pas avoir fait attention, sont encore entières; ce qui prouverait au moins qu'elles n'auraient pas toutes été mangées.

Quant à l'existence des briques que ces messieurs n'avaient pas reconnue dans leur fouille, elle ne paraît pas à M. Virlet devoir infirmer complètement l'idée d'un dépôt fait par la mer. Ces débris prouveraient seulement une chose, c'est que ce dépôt aurait bien pu être remué à l'époque des premières con-

structions romaines, comme il vient de l'être par des constructions toutes récentes. Des recherches faites à quelque distance à droite et à gauche sur le même horizon, et qui démontreraient que l'argile coquillière de Belnay ne se prolonge pas au-delà du point reconnu, lui paraîtraient donc plus concluantes, et il engage M. Canat, qui demeure sur les lieux, à les faire à l'occasion. Dans tous les cas, il ne s'explique pas comment ce géologue peut supposer qu'un dépôt marin de l'époque actuelle, reposant au-dessus ou même plus haut que le niveau des alluvions de la Bresse, puisqu'il s'appuie directement sur un calcaire à Pholadomies, viendrait changer les déterminations faites par M. Élie de Beaumont ou par M. Rozet des terrains tertiaires de la Bresse. Il n'y aurait là que l'effet d'une récurrence marine qui aurait laissé son dépôt au-dessus de la formation d'eau douce; phénomène dont le bassin de Paris a offert successivement plusieurs exemples.

M. Pomel dit que, il y a plusieurs années, on a découvert à Clermont-Ferrand, dans une ancienne cave dont la voûte était abaissée, un amas considérable d'huîtres, qu'on avait cru d'abord devoir annoncer l'ancienne existence de la mer sur le sol de l'antique *Augustonometum*; mais après des fouilles un peu plus complètes, on a trouvé sous cet amas de coquilles des débris romains, poterie et aqueduc, et même, croit-il, des médailles des premiers empereurs. De sorte que leur présence sur ce point en aussi grande quantité, et quelquefois avec leurs valves réunies et encore articulées, s'est trouvée tout naturellement expliquée par un transport à l'époque de l'occupation romaine pour les usages culinaires des propriétaires de la cave.

M. Rozet rappelle que dans son Mémoire sur la vallée de la Saône il a déjà montré l'exhaussement du sol de la vallée.

M. Rozet, revenant sur la communication faite par M. Virlet dans la séance du 1^{er} décembre (voir p. 94), dit qu'il a obtenu au Tholy des fragments de roches dans le granite, et qu'il a même parlé des accidents de cette nature qu'on observe sur les trottoirs de Paris, comme on peut le voir dans sa description des Vosges imprimée en 1834. Il ne croit pas que dans les Vosges le granite renferme de véritables cailloux roulés; il a seulement rencontré des accidents de cristallisation et des fragments un

peu arrondis de gneiss et de roches micacées, autour desquels les granites se contournent, notamment entre Gérardmer et le Tholy. Il admet que le granite a empâté des fragments de roches étrangères lorsqu'il était en fusion, comme le font encore de nos jours les laves du Vésuve, par exemple. Il termine en disant que la présence de fragments dans le granite ne prouve pas plus en faveur du métamorphisme de cette roche que ne le feraient les cailloux roulés dans les laves pour ceux qui voudraient considérer ces produits ignés comme des roches métamorphiques.

M. Rivière n'admet pas qu'il y ait dans le granite de véritables cailloux roulés. Il regarde les taches qu'on observe dans cette roche comme étant le plus souvent des accidents de cristallisation dus aux circonstances du refroidissement. En effet, dit-il, ce sont presque toujours des granites très micacés, à grains très fins, ou bien de l'orthose pure, et non des silex. Cependant on rencontre aussi des gneiss.

M. Constant Prévost reconnaît des accidents de refroidissement et des fragments empâtés dans le granite; mais leur présence lui paraît prouver seulement la fluidité originaire de cette roche et son métamorphisme. La présence de cailloux roulés lui semble même en opposition avec la théorie en question; car s'il y avait eu métamorphisme, ils n'auraient pas conservé les contours nets et arrêtés qu'on leur observe.

M. Boubée dit qu'il n'y a dans le granite ni cailloux roulés ni fragments d'autres roches; les nodules qu'on y observe sont des accidents de cristallisation identiques avec les différentes roches à grains fins qui forment des filons dans le granite. On peut bien s'assurer de ce fait, notamment dans les carrières qui sont sur la place de la ville de Vire.

M. Virlet pense que ses notes des 3 novembre et 1^{er} décembre derniers (*Bull.*, p. 19 et 94) répondent à la plupart des objections qui viennent de lui être adressées; il ne croit donc pas devoir revenir sur les détails qu'elles renferment. Il ne conteste pas à M. Rozet la priorité de l'indication de noyaux étrangers dans les granites des trottoirs de Paris; il lui fait seulement observer que sa communication n'a pas eu pour but de signaler comme nouveau ce fait, du reste connu depuis longtemps de tous les géologues, mais bien de démontrer, ce qui ne paraît pas encore

avoir été fait jusqu'ici : 1° que certains de ces noyaux renferment des filons qui indiquent évidemment leur préexistence, et doivent faire rejeter toute idée de formation par ségrégation de la roche ambiante; 2° d'indiquer dans d'autres la présence de débris organiques qui prouvent encore mieux cette préexistence, et 3° enfin de signaler leur mélange avec des *galets* de diverse nature, et entre autres de quartzite, comme celui signalé rue du Bac, galets ayant encore conservé les formes caractéristiques auxquelles un géologue quelque peu observateur ne peut pas se tromper. La pénétration du granite dans les fentes ou les anfractuosités de quelques noyaux, observée également par M. Rozet, pouvant s'expliquer aussi bien dans l'hypothèse d'une origine métamorphique que dans celle d'une origine ignée, ne peut pas servir d'objection contre la première de ces hypothèses.

Quant à la présence des galets, sur l'existence desquels tout le monde semble être à peu près d'accord, et qui, selon M. Constant Prévost, pourraient bien avoir été englobés par le granite s'épanchant à la surface à la manière des laves, sans rejeter cette hypothèse comme impossible, M. Virlet ne l'admet pas pour le cas dont il s'agit; car le mélange de débris étrangers, se présentant dans toutes les carrières des environs de Vire, lui paraît un fait trop général pour être assimilé à quelques uns de ces faits accidentels indiqués dans les laves ou les basaltes. Il ajoute que si un grand nombre d'observations prouvent que certains granites sont souvent venus s'intercaler au milieu des strates brisées des roches stratifiées, et même quelquefois s'épancher au-dessus, ce qui, selon lui, ne suffit pas du tout pour faire rejeter l'hypothèse d'une origine métamorphique, aucun exemple bien précis ne lui paraît encore démontrer que les granites aient coulé à la surface à la manière des laves modernes; tandis qu'un certain nombre de faits, aujourd'hui bien constatés, prouvent l'existence de véritables granites métamorphiques, et il croit devoir rappeler à ce sujet les granites des Alpes de la Savoie, qu'il a déjà signalés comme tels lors des réunions de la Société à Chambéry, et qu'elle a pu observer elle-même à la Bâtie en Tarentaise, où on les voit en bancs très bien stratifiés, parallèles au plan des schistes au mi-

lieu desquels ils se trouvent intercalés, et auxquels ils passent par degrés insensibles. Ces granites se prolongent avec les mêmes caractères de stratification, de schistosité et de concordance, d'un côté jusque dans la vallée de Chamouny, et de l'autre jusque dans le Dauphiné. M. Gras les regarde aussi depuis longtemps comme ayant incontestablement la même origine que les schistes au milieu desquels ils gisent, et dont il serait tout à fait impossible de les séparer même minéralogiquement.

M. d'Archiac met sous les yeux de la Société le nouvel ouvrage de M. Nyst, intitulé : *Description des coquilles et des polypiers fossiles du terrain tertiaire de la Belgique*. Ce beau travail, composé d'un volume de texte et d'un atlas de quarante-huit planches lithographiées, est extrait du tome XVII des Mémoires couronnés par l'Académie royale de Bruxelles, et comprend la description de 554 espèces provenant du calcaire grossier, du *London clay* et du crag.

M. Nyst, ayant adopté la subdivision et la terminologie établies par M. Dumont pour sa belle carte géologique de la Belgique, a rangé dans des tableaux synoptiques, placés à la fin de l'ouvrage, toutes les espèces suivant les systèmes *Campinien*, *Tongrien*, *Bruxellien* et *Londonien*, auxquels elles appartiennent.

Le système campinien, comprenant le sable noir du fort d'Hérenthals, le sable gris des glacis d'Anvers et le sable rouge de Calloo et du Stuyvenberg, renferme 216 espèces, dont 73 ont leurs analogues vivants; 127 se trouvent dans le crag d'Angleterre, et 86 dans des localités étrangères.

Le système tongrien, comprenant les couches de Kleyn-Spawen, d'Hoesselt, de Bolderberg et de Boom, renferment 205 espèces, dont 15 ont leurs analogues vivants; 55 se retrouvent dans l'argile de Londres, 42 dans le calcaire grossier, et 58 dans diverses localités.

Le système bruxellien, réuni au système londonien, renferme 181 espèces, dont 5 ont leurs analogues vivants; 138 se retrouvent aux environs de Paris, 63 dans l'argile de Londres, et 34 dans diverses localités.

A cette occasion, M. d'Archiac croit devoir faire observer

que lorsqu'il publia son essai sur la coordination des terrains tertiaires du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre (*Bull.*, 1^{re} sér., t. X, p. 168, avril 1839), il avait émis des doutes sur l'âge des couches coquillières des environs de Tongres. Depuis lors, M. Dumont ayant reconnu la superposition précise de son système tongrien au système bruxellien, toute incertitude a dû cesser à cet égard ; mais M. d'Archiac persiste à maintenir, quant à présent, l'opinion qu'il avait soutenue du parallélisme des argiles de Boom, identiques avec le *London clay* des côtes du Suffolk et de l'Essex, avec le système bruxellien, contemporain lui-même du calcaire grossier du nord de la France. D'une part, en effet, l'absence de superposition directe des couches de Boom au système bruxellien, et de l'autre les différences minéralogiques et paléontologiques qui les distinguent de celles du système tongrien, soit aux environs de Tongres, soit aux environs de Louvain, soit même à Cassel, où elles représentent le groupe des sables et grès moyens du nord de la France, comme les couches de Bagshot dans le Surrey, l'empêchent d'admettre le parallélisme proposé par le savant auteur de la carte de Belgique. Quant à la disposition relative si singulière des argiles de Boom et du système bruxellien, M. d'Archiac s'en réfère aux considérations qu'il a émises dans un Mémoire actuellement sous presse, et qui a été communiqué à la Société géologique au commencement de 1845.

M. Grange fait la communication suivante.

Analyse d'un Mémoire présenté à la Société par M. le docteur Grange. Ce Mémoire a pour titre : Recherches sur les glaciers, les glaces flottantes et les dépôts erratiques, sur l'influence des climats, sur la distribution géographique et la limite inférieure des neiges perpétuelles. — Etude du phénomène erratique du Nord. (Ce travail a été imprimé au mois d'août 1845, et sera publié très prochainement.)

Depuis un certain nombre d'années les géologues, abandonnant les théories poétiques et philosophiques conçues *à priori*, ont demandé à l'étude approfondie des faits, à leur interprétation par les sciences physiques et naturelles la solution des grandes questions

que soulève l'histoire des révolutions du globe. Dans cette voie de l'étude des faits pour connaître l'époque relative, la durée, les conséquences des révolutions géologiques, on reconnaît deux tendances chez les savants : les uns, interprétant rigoureusement les faits, les rapportent aux causes qui peuvent le mieux en rendre compte, soit que ces causes soient analogues, soit qu'elles diffèrent de celles qui agissent de nos jours ; d'autres prennent pour point de départ de leur étude cette pensée, que les changements anciennement produits à la surface du globe sont dus à des causes analogues, quant à leur nature et à leur manière d'agir, à celles dont nous pouvons mesurer aujourd'hui les résultats. Nous croyons, avec ces derniers géologues, que l'étude approfondie des causes qui modifient actuellement la surface du sol peut seule guider sûrement dans l'histoire si obscure des anciennes révolutions de la terre. M. Alexandre de Humboldt, en appliquant à l'étude de la géologie sa profonde connaissance en géographie physique, a rendu d'immenses services à la science, et est venu donner une foule d'arguments à la théorie que M. Constant Prévost a le premier mise en lumière, et que Lyell a soutenue depuis avec un grand talent, savoir : que la plupart des phénomènes géologiques pouvaient être expliqués par les causes qui agissent de nos jours. Le travail que nous présentons aujourd'hui offre sous ce point de vue quelque intérêt. Nous nous sommes efforcé de montrer combien grande était l'influence des climats sur la distribution et la limite des neiges perpétuelles, la formation des dépôts erratiques, et de prouver que tous les phénomènes du diluvium du nord pouvaient être rapportés à des causes actuelles. Nous avons établi sur des données physiques incontestables que tout changement dans la disposition relative des terres et des mers devait avoir pour résultat nécessaire une modification dans les conditions climatiques d'un lieu, modification telle que la distribution et la limite des neiges perpétuelles pourraient être considérablement changées, que la composition des faunes et des flores pourrait être altérée, soit par l'extinction d'un certain nombre d'espèces, soit par l'adjonction d'un certain nombre d'autres espèces étrangères.

Les considérations qui font le sujet de ce Mémoire ont été puisées tout d'abord dans l'étude de la géographie physique du détroit de Magellan. Les terres magellaniques, comprenant la Patagonie et les nombreuses îles du S.-O., forment une contrée extrêmement coupée par des canaux, et hérissées de montagnes abruptes d'une grande élévation. Ces terres, bien que sous les 52 et 56° parallèles de lat. S., présentent une faune et une flore dont la

composition rappelle les faunes et les flores du Chili et de la Patagonie, et que tous les naturalistes ont été surpris de rencontrer sur cette terre, à côté des glaciers qui descendent jusqu'au niveau de la mer et qui proviennent des neiges perpétuelles, dont la limite inférieure est à moins de 1,000 mètres au-dessus de l'Océan. La présence d'un dépôt erratique entièrement moderne donne encore à ces terres un nouvel intérêt. Ces faits, qui avaient paru trop exceptionnels pour être interprétés dans l'intérêt de la géologie et de la géographie physique, fixaient depuis longtemps mon attention; et en étudiant la constitution climatologique de ces terres dont je désirais faire connaître la constitution géologique et physique, je fus assez heureux pour me convaincre que ces faits exceptionnels rentraient dans les lois générales.

Pour atteindre ce résultat je dus examiner avec soin : 1° l'histoire des glaciers des deux hémisphères, la distribution géographique et la limite inférieure des neiges perpétuelles; 2° l'histoire des glaces flottantes; 3° l'influence de la disposition des terres sur la distribution des températures moyennes annuelles, des moyennes estivales et hivernales; 4° sur l'hygrométrie de l'atmosphère, la quantité moyenne des pluies, sur la distribution géographique des glaciers, la limite des neiges perpétuelles, et enfin sur la composition des faunes et des flores. Ce travail m'a conduit non seulement à expliquer les phénomènes propres au détroit de Magellan, mais à montrer dans la dernière partie de mon Mémoire que les phénomènes diluviens, extension des glaciers en Europe, sulcatures du sol, transport des blocs erratiques par des glaces flottantes, formation d'un dépôt erratique, diminution des températures estivales, modification dans la faune de cette époque, pouvaient être rapportés à des causes actuellement agissantes et dont nous pouvons mesurer l'action.

Ce travail forme aussi quatre parties distinctes que je vais essayer d'analyser rapidement. Je ne pourrai pas dans ce court exposé arriver à une démonstration; elle ne peut résulter que de l'examen attentif des faits, de leur discussion et des considérations que l'on trouvera longuement reproduites dans mon ouvrage, auquel je suis forcé de renvoyer pour tous les développements que je ne ferai qu'indiquer ici.

Dans la première partie j'ai étudié les caractères des glaciers des régions polaires, et je les ai comparés à ceux des régions tempérées; leurs caractères sont semblables; les phénomènes produits par la progression des glaciers, stries, polissage, distribution des moraines médianes, latérales, terminales, sont les mêmes, mais

sont moins faciles à reconnaître à mesure que l'on se rapproche des régions polaires, où les névés recouvrent presque partout la glace compacte. Au-delà du cercle polaire on ne rencontre de véritables glaciers que sur les montagnes, et spécialement sur les montagnes qui avoisinent les côtes et dans les vallées un peu profondes; dans les plaines, les couches de neige qui tombent pendant le printemps et l'automne disparaissent complètement pendant l'été. Les glaciers que l'on rencontre sur les côtes sont en général d'une très grande puissance, et bien que fixés sur un sol éternellement à l'état de congélation, ils présentent un mouvement progressif très évident, mouvement qui est en rapport avec la température de l'atmosphère. Dans les glaciers qui se terminent à la mer, ces phénomènes sont très faciles à étudier. Quand la température devient plus douce, des blocs de glace sont repoussés dans les eaux, d'abord de petit volume et en petit nombre; plus considérables quelques jours plus tard, et pendant les grandes chaleurs ce sont des montagnes entières qui se détachent avec fracas, flottent au large et commencent leur voyage vers le S. Lorsqu'un glacier vient finir à la côte, si la mer qui baigne son bord inférieur a une température supérieure à 0° , le glacier ne pénètre qu'à une petite distance dans les eaux, où il vient se fondre; son front est creusé d'immenses excavations au niveau de la mer, et de ses voûtes d'azur se détachent un grand nombre de blocs qui s'éloignent en oscillant, en emportant au loin les débris et les blocs de roches qui ont été détachés des montagnes. Dans ce cas, une grande partie du glacier fondant à la mer, les débris de roches qui sont fixés à la partie inférieure, galets striés et polis, sont en grande partie abandonnés sur place et peuvent être plus tard emportés par les plateaux de glace qui se forment pendant l'hiver à la base de ces glaciers. Mais lorsque le glacier descend dans une mer dont la température est inférieure à 0° , les masses terminales pénètrent dans la mer sans s'y fondre, strient le fond, et continuent à progresser jusqu'à ce qu'elles atteignent un fond de mer assez considérable, pour qu'elles puissent se mettre à flot en vertu de leur légèreté spécifique, et elles forment alors des murs verticaux d'une très grande élévation et auprès desquelles les navigateurs ont trouvé des fonds considérables, ce qui est facile à expliquer en tenant compte de la distance qui sépare ces masses de la côte. Ainsi, si un glacier de 300 mètres d'épaisseur descendait dans une mer de température inférieure à 0° , la ligne antérieure s'avancerait jusqu'à ce qu'elle eût trouvé un fond qui lui permît de flotter, et alors elle se relèverait et présenterait un mur vertical de 30 à 35 mètres au-dessus des eaux.

Bientôt, sous l'influence des courants, ces masses se séparent et emportent au loin une grande quantité de débris erratiques, des galets appartenant au lit des glaciers, et enfin des blocs d'un très grand volume. On a observé un grand nombre de faits semblables dans la baie de Baffin, dans le détroit de Davis, auprès de la terre Adélie et de la terre Victoria. Nous devons faire remarquer que la plus grande partie des débris de roches, les petits blocs erratiques, doivent provenir en grande partie des falaises, qui sont extrêmement exposées aux variations atmosphériques et qui chaque année sont cernés par d'immenses radeaux de glace.

Dans la seconde partie de mon travail, j'ai fait l'histoire des glaces flottantes. Je les distingue d'abord en deux grandes classes : glaces qui se forment à la surface de la mer ; glaces qui se détachent des glaciers. Les premières sont formées de couches régulièrement stratifiées de glace compacte, plus souvent de névé et de neige ; elles forment des plateaux de forme et de grandeur extrêmement variables, auxquels les navigateurs ont donné un grand nombre de noms ; leur surface, généralement régulière, unie, est couverte de neige ; les couches dont elles sont formées sont ordinairement horizontales ; lorsque la tempête met ces masses en mouvement, brisées, façonnées par la puissance de l'Océan, elles prennent des formes plus ou moins bizarres ; mais on les distingue toujours des glaces des terres. Leur couleur varie du blanc de neige à l'azur ; leur densité présente de nombreuses variations entre 0,80 et 0,90 ; elles ne donnent par leur fusion que de l'eau saumâtre.

Les glaces qui proviennent des glaciers présentent ces figures fantastiques, édifices, monuments, colonnades, palais de marbre, qui font l'admiration des voyageurs ; plus souvent elles présentent des figures si bizarres, qu'on ne peut les comparer à rien ; leur couleur azurée est très vive, et passe quelquefois à l'indigo ; leur densité varie entre 0,90 et 0,92 ; l'eau qu'elles donnent en fondant est toujours douce, et peut servir aux équipages. Les masses qui se séparent des glaciers, étant plus considérables, plus denses, ne sont point, comme les plateaux de glace qui se forment à la mer, rapidement entraînées par les vents ; les courants paraissent avoir seuls une grande influence pour leur transport ; elles se maintiennent, en général, aux mêmes distances relatives en émigrant dans les climats tempérés. Autour des glaciers dont elles proviennent, on les voit former des zones concentriques dont la disposition doit être rapportée aux circonstances de température dans lesquelles se trouvent les glaciers dans ces climats ; chaque

zone de blocs semble indiquer une des périodes de beaux jours qui ont entraîné leur séparation des masses principales.

En m'appuyant sur le témoignage de Scoresby et de plusieurs autres navigateurs, je crois que l'on doit admettre comme un fait démontré que les plateaux de glaces flottantes peuvent se former non seulement près des terres, mais à une immense distance des côtes, et cela lorsque la température des eaux est, pendant plusieurs jours, au-dessous du point de congélation de l'eau de mer, 2,55, et surtout lorsqu'il tombe une certaine quantité de neige; nous citerons W. Scoresby (*An Account of the Arctic regions*, page 239) : « J'ai vu souvent la glace se former à plus de 20 lieues du Spitzberg, et rapidement acquérir une consistance capable d'arrêter les mouvements d'un navire poussé par une bonne brise, lorsqu'elle était même exposée aux vagues de l'océan Atlantique, au milieu de la mer du Groenland, sous le 72° de longitude nord. Lorsque les premiers éléments de glace paraissent à la surface de la mer, sous la forme de petits cristaux isolés et qui ressemblent à de la neige que de l'eau très froide ne pourrait fondre, les marins l'appellent *sludge* (sâleté); la houle s'apaise comme si on eût couvert les flots d'une couche d'huile. Les cristaux s'unissent entre eux pour former des noyaux plus volumineux, et même sous l'influence des vagues ils acquièrent des volumes de 3 à 4 pouces de diamètre. Ces petits glaçons, constamment heurtés les uns contre les autres, s'arrondissent, se relèvent par leurs bords, s'unissent, et présentent bientôt de petits plateaux d'un pied d'épaisseur et de plusieurs mètres de circonférence; on les nomme alors *pancakes*, et si on vient à examiner ces pancakes, on voit qu'ils ont la forme d'un pavé; dès que la houle a complètement cessé, ces divers glaçons s'unissent et forment des champs immenses. »

Quelques géologues ayant imaginé qu'il se formait aux pôles d'immenses accumulations de glace, j'ai cherché quelle pouvait être l'épaisseur maximum d'un plateau de glace qui se formerait à la mer sous le pôle de froid, en supposant que la moyenne du mois le plus froid fût aussi basse que — 50°. En m'appuyant sur un grand nombre d'observations faites par les voyageurs qui ont hiverné au-delà du cercle polaire, et sur le peu de conductibilité pour le calorique que possède la glace, j'ai montré que l'épaisseur maximum que pourrait acquérir un plateau de glace ne dépasserait certainement pas 6 à 7 mètres. On doit conclure de ces considérations, que les glaces formées à la mer, et qui atteignent une épaisseur de 20 mètres et plus, ont dû passer une longue série d'hivers dans les parages du Nord. Une grande accumulation de

glaces sur les montagnes me paraît également, dans l'état actuel, presque impossible. En effet, la température très basse des régions polaires, la sécheresse de l'air, les mouvements progressifs des glaciers, la température de l'été, me semblent des obstacles invincibles à l'accumulation progressive de la glace. Si nous remontons vers les pôles, chaque ligne de latitude qui nous rapprochera le plus du nord ne sera pas celle sur laquelle nous trouverons le plus grand développement des glaciers : ce sera sur les lignes climatologiques insulaires, dont la température oscillera entre 0 et 5°, que nous aurons les conditions les plus favorables à la formation et à l'extension des glaciers, et c'est précisément à cette condition thermométrique et hygrométrique des côtes du continent antarctique que l'on doit rapporter l'immense développement que présentent sur ces terres les glaciers et les banquises, et non point à une différence dans la température moyenne de l'hémisphère sud ; car on ne peut établir entre ces deux hémisphères que des différences dans la distribution relative de la chaleur.

Dans la troisième partie de mon travail, j'ai étudié l'influence des climats sur la distribution des températures, des pluies, sous les mêmes latitudes, et comparativement le développement relatif des neiges perpétuelles sous les mêmes parallèles. Nous avons pris le mot climat dans son interprétation générale ; le climat est pour nous la résultante de toutes les qualités thermométriques, hygrométriques d'un lieu ; qualités qui se rapportent à sa position en latitude, à sa hauteur, à son étendue, et à sa position par rapport à la mer. Sous les mêmes parallèles, les climats présentent des différences très considérables et qui se trouvent en rapport avec la disposition relative des terres et des mers, rapport si constant, que la latitude étant donnée, indiquer la configuration d'un pays, c'est dire les conditions climatériques de ce lieu, et réciproquement. Les désignations : climat insulaire, péninsulaire, littoral, continental, en même temps qu'elles indiquent la forme et le rapport des terres et des eaux, donnent, pour ainsi dire, une mesure relative des températures, des pluies, des glaciers, de la végétation propre au pays. Pour mesurer cette influence de la configuration des terres sur les climats, influence qui avait été signalée par M. Alexandre de Humboldt, auquel nous avons emprunté beaucoup de documents précieux, et auquel nous avons dédié cet ouvrage, nous avons étudié comparativement les conditions climatériques des îles, des rivages, des continents sous les mêmes parallèles ; nous avons construit des tables de température des lieux situés dans les mêmes latitudes de 5 en 5 degrés, et en ayant soin

de choisir les lieux dont la température est bien connue, et qui ne sont point trop élevés au-dessus du niveau de la mer. Ces tables des températures moyennes annuelles et des températures extrêmes (ces chiffres ont été puisés dans les tables de Mahlemann) des lieux situés sous les mêmes parallèles et divisées en groupes par la distinction de leurs climats, font ressortir d'une manière frappante les caractères qui appartiennent à chaque climat sous des latitudes semblables, les modifications que présentent ces caractères climatologiques dans les diverses latitudes depuis le pôle jusqu'à l'équateur, et enfin les lois générales que suivent les températures moyennes, lorsque les températures extrêmes présentent des différences croissantes ou décroissantes (voir les tables à la fin de la note).

On reconnaît tout d'abord que les climats insulaires jouissent de températures moyennes plus élevées que les climats littoraux et continentaux, et qu'en même temps, les différences entre les moyennes des températures extrêmes du mois le plus chaud et du mois le plus froid présentent des différences beaucoup moins grandes que dans les climats littoraux, et surtout dans les climats continentaux. Ainsi, à Jakousk, 62° lat. N., climat continental, la température moyenne de l'année est — 9°, et la différence entre les moyennes du mois le plus chaud et le plus froid est de 68°; à Reikiavig, à 64°, 8 lat. N., climat insulaire, la température moyenne de l'année est — 4°, et la différence entre les températures extrêmes du mois le plus chaud et le plus froid n'est que de 15°. En étudiant ces tables, on voit constamment que dans les climats insulaires les températures moyennes sont plus élevées et qu'il y a de très petites différences entre les températures de l'été et de l'hiver; que les climats littoraux ont, en partie, ces caractères; et qu'enfin, dans les climats continentaux, les moyennes de l'année sont généralement moins élevées, et les différences entre les températures extrêmes beaucoup plus grandes. Ces différences climatologiques que présentent les îles, les rivages, les continents sous les mêmes parallèles, considérables jusque sous le 40 parallèle, deviennent de moins en moins fortes à mesure que l'on se rapproche de l'équateur. On reconnaît aussi, dans presque tous les cas, que lorsque les différences entre les températures extrêmes diminuent, la moyenne annuelle s'élève; cette dernière considération nous paraît très digne d'attention.

Nous avons essayé de faire des tables de distribution des pluies, nous avons été arrêté par le petit nombre d'observations que nous possédons; mais cette étude se trouve, pour ainsi dire, inutile;

car on sait très bien que les quantités de pluie qui tombent dans l'année sont d'autant plus considérables que l'on se rapproche de la mer; que dans les îles, elles sont plus abondantes que sur les rivages, sur les côtes que dans l'intérieur des continents; du reste, l'étude de la distribution de la chaleur que nous venons de faire aurait *à priori* conduit à ce résultat; nous admettrons comme chose démontrée que dans les climats insulaires les qualités hygrométriques de l'atmosphère ont leur développement maximum, et dans les climats continentaux le développement minimum.

Nous avons fait pour la distribution des neiges perpétuelles ce que nous avons fait pour les climats; nous les avons comparées sous les mêmes parallèles, et il nous a été facile de reconnaître que le développement des neiges éternelles était indépendant de leur position en latitude; nous avons vu qu'il ne se trouvait point en rapport avec les lignes isothermiques, isothériques ou isochimènes, qu'il ne se rapportait ni à la température moyenne annuelle ni aux températures extrêmes, mais se trouvait rigoureusement en fonction des climats; que, très considérables sous les climats insulaires, les neiges s'élevaient dans les climats littoraux et parvenaient à la plus grande hauteur au-dessus du niveau de la mer dans les climats continentaux. Cela aurait pu être indiqué *à priori*, car les glaciers ne sont en fonction que de la quantité de neige qui tombe pendant l'hiver, de l'hygrométrie moyenne de l'atmosphère, et enfin des températures extrêmes de l'été; et par conséquent, les climats insulaires qui ont des pluies très abondantes, une atmosphère presque toujours saturée de vapeur, et des étés extrêmement doux, sont éminemment favorables au développement des neiges éternelles et à l'extension des glaciers; je ne citerai qu'un seul exemple, et je renvoie à la table pour les autres. En comparant la limite inférieure des neiges perpétuelles sous les 37° et 38° parallèles, on trouve les chiffres suivants: Etna, 37° 10', 2905 m.; Sierra Nevada (Espagne), 37° 10', 3410. Mont Marat, 39° 42', 4410; le mont Bolor, 37° 30', 5067; et entre les deux versants de l'Himalaya, les neiges descendent sur le versant sud à 1111 mètres plus bas que sur le versant nord.

De ces faits je conclus que dans les climats insulaires on peut avoir avec des températures moyennes plus élevées que celles du continent, des neiges perpétuelles et des glaciers beaucoup plus développés; la douceur de ce climat, les caractères constants que présentent les températures donnent aussi aux flores et aux faunes de ces pays des caractères propres qui leur permettent de réunir des espèces qui évitent les températures excessives et par conséquent

des espèces du N. et du S. Ainsi se trouvent expliquées les contradictions que nous avons signalées au détroit de Magellan.

De ces diverses considérations il résulte qu'entre le 70° de latitude N. et le 40°, entre le 40° et le 70° de lat. S., toute modification dans la disposition relative des terres et des mers entraînerait nécessairement, dans les conditions physiques actuelles, des modifications considérables dans le climat, modifications telles que la faune et la flore du pays seraient profondément altérées, que les glaciers pourraient disparaître en laissant après eux des dépôts erratiques, ou prendre au contraire une immense extension. Ces observations sont d'une importance considérable en géologie; car depuis que les êtres organisés habitent sur la surface de la terre, leur distribution géographique a été certainement modifiée par les climats sous lesquels ils ont vécu; et dans les variations climatologiques résultant du changement de relief du sol, on trouve une des causes d'extinction du grand nombre d'espèces qui ont disparu de la surface de la terre. Ces changements géologiques peuvent faire comprendre comment dans un même lieu les faunes et les flores ont pu se succéder, se remplacer; comment se sont formés les terrains d'alluvion qui ont reçu les débris des êtres organisés transportés par les courants fluviatiles, soit dans les plaines, soit dans les deltas qui se forment à l'embouchure des fleuves

Supposons que le continent au milieu duquel s'élève le mont Bolor soit submergé, que la mer, envahissant les plaines du N. de l'Asie, celles de la Perse et de la Chine, vienne entourer de toute part le colosse asiatique: cette chaîne formerait alors une île assez étendue et qui se trouverait dans la même latitude que la Sicile 37°; l'Himalaya ainsi isolé du milieu de l'Océan se trouverait alors dans les mêmes conditions climatiques que l'Etna, que la Sierra-Nevada de Grenade, et même dans des conditions plus favorables au développement des glaces, et il est très probable que la ligne des neiges perpétuelles s'abaisserait de plus de 2,905 mètres, limite des neiges de l'Etna, et descendrait par conséquent de 2,280 mètres; il est bien évident qu'alors la faune et la flore du flanc de ces montagnes seraient modifiées. Admettons maintenant que le continent asiatique seulement représenté par la chaîne de l'Himalaya vienne à être successivement émergé, que plus tard les terrains secondaires soient relevés sur les flancs et forment un petit continent profondément découpé: lorsque les terrains tertiaires qui forment les sinueuses plaines de l'Asie seront mis à sec par des soulèvements généraux ou partiels, les terres se groupant autour de l'Himalaya feront nécessairement passer tour à tour ces montagnes du climat

insulaire au climat continental ; à mesure que le continent prendra une plus vaste surface , la température de l'été et celle de l'hiver présenteront de plus grandes différences : les hivers seront de plus en plus froids , les étés de plus en plus chauds ; la température moyenne se trouvera peut-être abaissée de quelques degrés, et cependant la limite des neiges perpétuelles qui se trouvait à 2,905 mètres au-dessus du niveau de la mer quand l'Himalaya avait un climat insulaire , s'élèvera au sommet des montagnes jusqu'à 5,185 mètres. Les glaciers, en se retirant aussi vers ces faîtes, auront dû laisser dans les vallées inférieures des stries, des roches et galets striés et polis, des moraines, des blocs erratiques ; mais les alluvions puissantes qui ont été produites par la fonte rapide des glaces dans les étés qui ont suivi les soulèvements des terres submergées , ont dû modifier ces dépôts, les remanier, leur ôter une partie des caractères qui permettaient de les reconnaître ; les moraines et les blocs placés sur les collines en dehors de l'action des eaux ont pu seuls conserver leurs caractères, leur position primitive. De grandes vallées ont dû être creusées par les fleuves qui provenaient des glaciers : aussi l'Obi et le Jenissei auraient pu sillonner la pente de l'Himalaya et transporter dans leur course des roches arrachées aux terrains primaires des montagnes, aux terrains secondaires qu'ils parcourent , et répandre dans les terrains d'alluvion qu'ils formaient dans les plaines ou à leur embouchure un grand nombre de débris d'animaux et des végétaux appartenant à d'autres climats, et par conséquent différents des autres végétaux et des animaux qui vivent dans ces contrées.

Supposons que l'Europe soit considérablement agrandie vers le N.-E. , de telle façon que l'Angleterre soit réunie à la Scandinavie et à la France, et que de grandes terres viennent s'ajouter à l'O. Je ne doute pas qu'alors, sur les Alpes devenues le centre d'un grand continent, et sur les montagnes Scandinaves, la limite des neiges perpétuelles ne se relève d'un grand nombre de mètres au-dessus du niveau de la mer, en formant aussi de nouvelles alluvions glaciériques. Faisons l'hypothèse inverse. Supposons que les plaines du nord, de l'Oural aux montagnes de l'Angleterre, de la mer Blanche aux plateaux de Smolensk et aux montagnes du Hartz, soient recouvertes par les eaux en laissant au-dessus de leur niveau la grande chaîne Scandinave , et je ne doute pas que sur ces montagnes, aussi bien qu'en Suisse et sur les autres montagnes de l'Europe, les glaciers ne prennent la plus grande extension, extension qui se rapporterait simplement à une augmentation dans la quantité moyenne annuelle des pluies et des neiges, dans

l'état hygrométrique de l'atmosphère, et surtout à la diminution des températures extrêmes de l'été.

Nous croyons que le phénomène erratique du Nord s'est produit dans des circonstances semblables, et nous avons consacré la quatrième partie de notre travail à établir cette opinion.

Le dépôt erratique s'étend sur une surface immense dont Stockholm paraît être le centre. Ce dépôt se trouve circonscrit, d'une part, par la limite extérieure des blocs erratiques que M. de Verneuil a tracée dans sa carte géologique de Russie, et qu'il a indiquée à partir de Nikoskoi, 64° lat. N. 44° long. E. Elle passe par Nickney, Voronech, remonte au N. vers Toula, se perd dans les marais de Pinsk pour reparaître au sud de Cracovie; elle se dirige ensuite du S.-S.-E. au N.-N.-O., au S. d'Oppeln, de Brieg, Breslau, Liegnitz, longe la frontière qui sépare la Saxe de la Prusse à Leipsig; côtoie les montagnes du Hartz, celles du N. de la Westphalie; traverse les Pays-Bas, et va se terminer aux côtes de la mer du Nord en passant par Bréda. Sur la côte orientale de l'Angleterre, à la base des montagnes du Cumberland, depuis le Cambridgeshire jusqu'au Lincolnshire, il y a des dépôts diluviens très épais, très réguliers, où se trouvent des blocs erratiques dont une partie est arrachée aux montagnes de l'Angleterre et dont l'autre a été apportée de la Suède. Il existe aussi des dépôts erratiques en Écosse et en Irlande, et dans ces derniers on vient de découvrir des gisements très abondants de coquilles modernes des mers du Nord, qui sont parfaitement conservées dans des couches argileuses. En deux mots, le dépôt des blocs s'étend du N. au S. depuis la mer Glaciale jusqu'aux plateaux de Smolensk, à Cracovie, aux montagnes du Hartz et de la Westphalie, et de l'E. à l'O. depuis l'Oural jusqu'aux montagnes du Cumberland et à la frontière de la Belgique; cette ligne se trouve elle-même entourée par une bande limoneuse extrêmement puissante qui la circonscrit de toutes parts, ainsi que l'ont si bien montré M. Élie de Beaumont et M. de Verneuil. En Russie, le tschernozem, terrain noir qui s'étend des collines de Smolensk jusqu'à l'embouchure du Don et de l'Oural au pied des Carpathes; d'après M. de Verneuil ce dépôt a été formé sous les eaux de la mer. En Pologne, d'après M. Puch, nous retrouvons cette bande argileuse qui s'étend de Cracovie aux rives du Bug et à laquelle on a donné le nom de lehm; peut-être doit-on la rapprocher du limon jaune de la Hesbaye et de la Picardie qui couvre une grande partie du nord de la France et de la Belgique et qui s'étend depuis Maestricht jusqu'à Lisieux. Cette bande limoneuse, qui traverse l'Europe de l'Oural à la Manche, n'offre pas

partout les mêmes caractères ; mais il est à remarquer que ces quatre lambeaux forment une zone extérieure à la limite des blocs erratiques, et que leur formation doit probablement être rapportée au phénomène diluvien. Je devrais ici rappeler les traces que l'action diluvienne a laissées dans chaque contrée, mais je sortirais des bornes d'une analyse. Je dirai seulement qu'il est aujourd'hui démontré à la très grande majorité des géologues que la sulcature, le polissage et les dislocations que l'on a observés dans les Alpes Scandinaves doivent être rapportés aux glaciers qui ont autrefois recouvert ces montagnes, que tout démontre que l'action provenait du sommet des montagnes ; que les ôsars doivent être d'immenses moraines remaniées par les eaux, soit lorsque les glaciers ont été fondus, soit lorsque ces terres ont été émergées. Au S.-O. et au S. des Alpes Scandinaves on retrouve les roches granitiques striées et polies, mais toujours dans la direction du N. au S. ou du N.-E. au S.-O. ; dans la Finlande, les plateaux ondulés de ce pays présentent des collines striées, sillonnées par des courants qui n'avaient point une grande profondeur, car quelquefois les sommets escarpés ont été respectés : toutes les parties basses paraissent avoir été comblées par des dépôts détritiques. En Russie, les blocs erratiques ont été disposés sur une immense surface, mais se présentent très souvent en traînées qui paraissent avoir été déposées sous les eaux de la mer ; ils ont été principalement arrêtés sur les montagnes et sur les élévations, et sont moins abondants dans les dépressions. Les matériaux qui composent la masse du dépôt erratique sont en grande partie empruntés aux roches sous-jacentes en Russie, en Pologne et en Allemagne ; et les blocs erratiques sont en grande partie répandus comme s'ils étaient allés en s'irradiant à partir de leurs points originels, les montagnes de la Scandinavie, de la Laponie et les collines de la Finlande ; les plus volumineux et les plus frais ont été nécessairement transportés par les glaces flottantes. Enfin tous les géologues qui ont étudié la formation détritique de la Russie et du Danemark reconnaissent unanimement que ces dépôts ont été formés sous les eaux pendant une longue période de temps. Nous venons d'étudier la partie extérieure limonense, la partie intérieure du dépôt, dans laquelle nous trouvons des formations stratifiées sous les eaux et des blocs évidemment transportés par les eaux. Mais en nous rapprochant du centre de l'action diluvienne, nous allons trouver des preuves très évidentes du séjour de la mer à une grande élévation. On a découvert un très grand nombre de gisements de coquilles marines modernes en Scandinavie, en Laponie, en Finlande, en Russie

sur les bords de la Dwina, et en Angleterre; ces dépôts d'argiles bleues à coquilles très modernes occupent ainsi une vaste étendue dans la partie centrale des terrains erratiques, et elles indiquent qu'à une époque très peu éloignée les roches qu'elles recouvrent, et qui sont parfois striées, étaient sous les eaux et dans des circonstances qui différaient extrêmement peu de l'état actuel de nos mers. Ajoutons à cela que M. Bravais a démontré qu'en Scandinavie la mer avait occupé sur les montagnes des niveaux très différents, et nous aurons, je crois, toutes les preuves matérielles d'une immersion, immersion qui aurait duré un nombre d'années très considérable et qui aurait laissé pour preuve de son existence d'anciens niveaux des eaux sur les montagnes, des dépôts arénacés et erratiques dans les parties basses, des dépôts limoneux à sa limite extérieure, et enfin des dépôts d'argile remplis de coquilles modernes sur les points qu'elle vient d'abandonner. L'ancienne extension des glaciers est démontrée par l'existence des stries, des moraines, des ôsars, par la dispersion des blocs erratiques et leur transport par les glaces flottantes. La contemporanéité de l'extension des glaciers et de l'immersion des plaines du nord de l'Europe (de la moitié de l'Europe au moins) peut seule à notre avis rendre compte de l'important problème des phénomènes diluviens.

Nous pensons que les choses ont commencé par l'immersion des plaines; cette immersion a entraîné une grande quantité de déblais qui ont formé la partie inférieure du dépôt et dans laquelle on ne trouve pas de blocs erratiques. Cette mer, communiquant largement avec la mer du Nord, était recouverte au printemps des glaces flottantes qui nous viennent des zones polaires. Le climat de l'Europe a été alors nécessairement modifié, il est devenu essentiellement insulaire; la chaîne Scandinave qui formait une île a été couverte de glaciers; les neiges perpétuelles sont descendues considérablement dans les Alpes, les Pyrénées, etc.; car nécessairement alors l'état hygrométrique de l'atmosphère, la quantité moyenne des pluies et des neiges, et la faible chaleur de l'été, ont été éminemment favorables au développement des glaciers. MM. Agassiz et de Charpentier ont démontré qu'il suffirait d'une série d'années pluvieuses à étés tempérés, comme il en a cité un grand nombre, pour que les glaciers pussent reprendre en Suisse leurs anciennes limites.

Les détails que nous avons donnés sur les glaciers et les glaces flottantes rendent maintenant très facile l'explication des divers faits que présentent les lieux qui ont été soumis à la double influence de l'extension des glaciers sur les montagnes, et de

l'immersion des plaines. Une immense quantité de débris ont été arrachés aux montagnes; une partie de ces débris a été laissée sur place, les autres ont été transportés au loin, soit par les blocs de glæe qui se détachaient des glaciers, soit par les plateaux de glace qui se formaient près des côtes. Ces radeaux de glæe, poussés par les courants, sont allés échouer dans des directions à peu près constantes, déterminées par la disposition du fond, sur les collines, sur les montagnes qui formaient le rivage de cette mer européenne. Ces radeaux chargés de blocs, en traversant les bas-fonds que formait le sol de la Finlande, ont strié ces collines ondulées, les ont sillonnées latéralement et de bas en haut, par l'action des marées qui faisaient franchir aux glaces les obstacles sur lesquels elles s'étaient échouées. Mais, après une période de temps qui a sans doute été très longue, les terres se sont relevées, non pas par un soulèvement unique, car il est bien évident qu'il y a eu plusieurs époques, plusieurs périodes dans la formation du dépôt erratique; le climat s'est modifié à la suite de ces soulèvements, les glaciers ont fondu, leurs moraines ont été remaniées, disposées en osars, en traînées linéaires, soit par les eaux qui provenaient des glaciers, soit par les eaux qui se retiraient; ces courants ont ravivé le sol, ont accumulé, ça et là, des masses linéaires d'alluvion; puis peu à peu les mers ont repris leur niveau actuel, peu à peu la constitution climatologique de l'Europe a pris les caractères que nous lui connaissons aujourd'hui. La formation du terrain erratique du détroit de Magellan a été de même déterminée par le soulèvement de la Patagonie.

Nous admettons, sans doute, que l'abaissement des montagnes par les ravages produits par les agents atmosphériques a contribué puissamment à la rétrogression des glaciers; car on sait, et nous l'avons montré dans une petite table, que les grandes sommités sont éminemment favorables aux glaciers par leur climat essentiellement insulaire; la température des montagnes élevées, oscillant perpétuellement autour de 0°, est une des causes les plus puissantes du développement des glaces éternelles.

Nous croyons que cette théorie, que nous présentons pour expliquer le phénomène erratique, et qui est bien fondée sur les faits observés, rend compte d'une manière très simple de l'ensemble de la plupart des problèmes soulevés par l'étude des stries et des dépôts erratiques. On fera sans doute cette objection: Comment se fait-il que dans des formations marines nous ne trouvions pas un plus grand nombre de débris organisés? On pourrait interpréter cette absence de coquilles fossiles dans une partie des terrains

erratiques par les conditions défavorables dans lesquelles se seraient trouvés les animaux pour s'établir sur des côtes incessamment troublées par les radeaux de glace et les blocs erratiques qui venaient y échouer ; il aurait fallu , du reste , un certain temps pour que les mollusques et les crustacés des mers voisines vinssent se fixer sur le nouveau rivage de la mer erratique : dans la dernière époque de l'immersion, il s'est formé un grand nombre de couches d'argiles bleues qui renferment une quantité considérable de coquilles fossiles modernes et identiques dans ces divers gisements.

L'hypothèse d'un glacier européen soulève bien des objections invincibles. Il faut d'abord invoquer une autre constitution physique et météorologique ; car nulle part dans le monde il n'existe de glaciers dans les grandes plaines. Secondement , comment un glacier pouvait-il transporter des débris arrachés à des terres très basses sur des collines très élevées ? Il y a eu certainement une immense extension des glaciers , mais elle n'a eu lieu que sur les montagnes ; les parties basses étaient immergées.

D'après M. Constant Prévost, qui a bien voulu m'aider de ses lumières dans ce travail , le phénomène diluvien aurait pu se reproduire, simplement, par la diminution constante et générale des températures du globe : en supposant que l'immersion eût existé pendant l'époque tertiaire, le soulèvement des terres aurait amené la constitution météorologique actuelle , et aurait déterminé les courants qui ont sillonné la surface du sol et modifié les dépôts erratiques.

Probablement des observations, des faits nouveaux viendront apporter de nouvelles preuves à cette explication si simple du phénomène diluvien ; quelque intéressante qu'elle puisse paraître à nos yeux , nous croyons qu'un résultat important de ce travail , en ce qu'il est incontestable, est que, dans les conditions physiques de notre globe, et très probablement depuis l'époque où les faunes et les flores ont recouvert la terre d'une immense variété d'espèces, toute révolution géologique a amené nécessairement des modifications dans la distribution des espèces organisées , et a entraîné l'extinction d'un certain nombre d'espèces , en déterminant des modifications dans l'état climatologique des terres. Si nous supposons que le géologue étudie seulement un lambeau de l'écorce du globe , et qu'il compare entre elles les différentes couches qui composent ce sol , il trouvera successivement une série de formations lacustres, fluviatiles, marines, puis des formations terrestres dans lesquelles il trouvera des faunes et des flores plus ou moins différentes, et il en conclura que le sol a été habité par des espèces

successivement créées, pendant qu'en réalité ce lambeau qu'il étudie aura été tantôt la rive d'un fleuve, le rivage d'une mer, tantôt aura appartenu à une île, tantôt aura été le centre d'un continent, c'est-à-dire aura passé par une série de phases climatologiques qui auront déterminé des distributions différentes dans les êtres organisés.

Quelle que soit la théorie que l'on adopte pour rendre compte des problèmes que présentent à l'étude la faune et la flore des diverses formations qui constituent les couches superficielles de notre globe, on devra admettre incontestablement que les modifications climatologiques, produites par les révolutions qui ont si souvent changé les rapports et le relief des terres, ont déterminé des modifications analogues dans la composition des faunes et des flores.

En sorte qu'il est vrai de dire, avec M. Constant Prévost, que les causes actuellement agissantes peuvent donner le secret d'un très grand nombre de phénomènes géologiques, de la plupart des modifications que le sol a subies dans les révolutions qui l'ont agité, et que l'étude attentive de ces causes est le moyen le plus sûr et probablement le plus puissant que nous possédions pour éclairer l'histoire des époques antérieures.

Tables comparatives de la distribution de la chaleur dans les climats insulaires , littoraux et continentaux sous des latitudes semblables.

CLIMATS.	LIEUX.	LATITUDE	LONGITUDE.	HAUTEUR au-dessus de la mer.	TEMPÉRATURE MOYENNE.						
					Année.	Hiver.	Été.	Différence des 2 moy.	Mois le plus froid.	Mois le plus chaud.	Différence.
Table no 1. Lieux situés entre 65° et 60°.											
Conti- nental.	Jakousk.	62 1 N	126 47 E.	117	-9.7	-58.9	17.2	56.1	-40	+20	60
	Fort Franklin.	65 12 —	125 25 O.	68	-8.2	-27.2	10.2	57.4	-50	11	41
	Fort Simpson.	62 11 —	125 52 O.		-3.2	-25.5	15 1	58.6	-24	17	41
Pénin- sulaire.	Uleaborg.	65 5 —	25 6 E.		0.7	-11.1	14 5	25.4	-15	16	29
	Umeå.	63 50 —	17 56 E.		2.1	-10 2	14.1	24.5	-11	16	27
	Hernösand.	62 38 —	15 55 E.		2.5	- 8.1	15.4	21.5	- 8	14	22
	Abo.	60 27 —	19 57 E.		4.6	- 5.4	15.1	21.1	- 6	17	25
Insulaire	Falun (Suède).	60 59 —	15 25 E.	124	4 4	- 5.5	20.1	21.0	- 7	15	22
	Eyafjordur (Islande).	65 40 —	22 0 O.		0.0	- 6.2	7.7	15.9	- 7	8	15
	Reikiavig (Islande).	64 8 —	24 16 O.		4.0	- 1.6	12.0	15.6	- 2	15	15
T. no 2. Lieux situés entre 60° et 55° latitude.											
Conti- nental.	Kazan	55 48 N.	46 47	19	2.2	-14.5	17.0	51	-16.5	18	54
	Moscou.	55 45 —	35 18	95	5.6	-10.5	16.8	26 8	-10	17	27
	Saint-Petersbourg.	59 56 —	27 59		5.5	- 8.4	15.7	24.5	-10	16	26
Pénin- sulaire.	Tsitsi.	55 4 —	19 55		6.7	- 5.6	16.7	20.5	- 5	17	22
	Stockholm.	59 21 —	15 45	41	5.6	- 5.6	16.1	19.7	- 4	17	22
	Christiania.	59 54 —	8 25		5.4	- 5 8	15 5	19.1	- 4	16	20
	Upsal.	59 52 —	15 18		5.2	- 5.7	15.4	18.8	- 4	16	20
Insulaire	Edimbourg.	55 57 —	5 52	88	8.6	+ 5.6	14.4	11.5	- 2	15	17
	Stromneis (Orkneys).	58 57 —	5 49		8.0	+ 4.0	12.5	7.5	+ 5	5	10
T. no 3. Lieux situés entre 55° et 50° latitude.											
Conti- nental.	Irkousk.	52 16 N.	101 58 E.	409	-0.2	-17.6	15.9	55.5	-19	17	56
	Tambow (Russie).	52 47 —	59 8 —	62	5.1	- 8.7	18.4	27.1	-12	20	52
	Fulda.	50 54 —	7 24 —	275	8.5	- 2.7	18.7	21.4	- 5	19	22
	Wilna.	54 41 —	22 58 —	117	6.5	- 4.6	17.6	22.2	- 5	18	25
	Varsovie.	52 15 —	18 42 —	121	7.5	- 2.5	17.5	20.0	- 4	18	22
	Cracovie.	50 4 —	17 57 —	201	8.0	- 5.5	19.1	22.4	- 5	19	24
	Berlin.	52 51 —	11 5 —	59	8.6	- 0.8	17.3	18.1	- 2	18	20
	Breslau.	51 6 —	14 42 —	140	8.1	- 1.0	17.5	18.5	- 1	19	20
Pénin- sulaire.	Dresde	51 5 —	11 24 —	121	8.5	- 0.4	17.2	17 6	- 2	18	20
	Stralsund	54 19 —	10 45		8.2	- 0.2	16.5	16.7	- 1	17	18
	Praestoe (Danemark).	55 7 —	9 45 E.		8.0	- 0.3	16.2	16.5	- 1	16	17
	Hambourg.	55 29 —	7 58		8.6	- 0.5	16.7	16.7	- 1	17	18
	Apeurade	55 5 —	7 5		8.5	0.6	16.2	16.2	+ 0	16	16
Insulaire	Manchester.	55 29 —	4 55 O.	47	8.7	2.8	14 8	12.0	+ 2	15	15
	Dublin.	55 25 —	8 41 —		9.5	4.6	15.5	10.7	4	16	14
	Alderley rectory.	55 20 —	4 40 —		8.5	2.7	14.0	11.5	2	14	12
	Londres.	51 51 —	2 26 —		10.4	4.2	17.1	12.9	5	17	14
	Port Famine	55 58 S.	75 14 —		5.25	0.60	10.0	9.4	- 0.6	10	11.4
	Iluluk (Am. russe).	55 52 N.	168 45 —		4.1	0.1	10.5	10.6	- 1	12	15
T. no 4. Lieux situés entre 50° et 45°.											
Littoral amér. or.	Montreal.	45 51 —	75 55 O.		6.5	- 8.1	20.6	28.7	- 9	21	28
	St-Laurence.	44 40 —	77 20 —	121	6.2	- 6.8	18.6	25.4	- 7	20	27
	Halifax.	44 59 —	65 57 —		6.2	- 4.4	17.2	21.6	- 5	19	24
Conti- nental.	Vienne	48 15 —	14 5 —	156	10.1	0.2	20.5	20.1	1.0	20	20
	Mannheim.	49 29 —	6 8 —	92	10.5	1.5	19.5	18	0.0	20	20
	Carlsruhe	49 1 —	6 5 E.	115	10.2	1.1	18.9	17.8	0.0	19	19
	Strasbourg.	48 55 —	5 25 —	146	9.8	1.1	18.1	17.0	0	18	18
	Trèves	49 46 —	4 18 —	156	10.0	1.9	17.8	16.9	0	18	18
	Paris.	48 50 —	0 0	64	10.8	5.5	18.1	14.8	1	18	17
Littoral.	Fort Vaucouver	45 58 —	122 54 O.		11.5	4.2	18.2	16	1	19	18
	Padone.	45 24 —	9 52 —		12.5	2.8	21.9	20.9	1	22	21
	Fort George.	46 18 —	125 20		10.1	5.8	15.5	11.7	2	16	14
	La Rochelle.	46 9 —	5 28		11 6	4.2	19.4	15.2	2	20	18
	Cherbourg.	49 59 —	3 58		11.2	5.2	17.5	12.1	5	17	14
Insulaire	Gosport.	50 48 —	3 26		11.0	5.0	17.1	12.1	5	17	14
	Plymouth.	50 22 —	6 28		11.1	6.9	16.0	9.1	5	16	11
	Puizance.	50 7 —	7 55		11.1	6.6	16.5	9.9	5	17	12

CLIMATS.	LIEUX.	LATITUDE.	LONGITUDE.	HAUTEUR au-dessus de la mer.	TEMPÉRATURE MOYENNE.						
					Année.	Hiver.	Été.	Différence des 2 moy.	Mois le plus froid.	Mois le plus chaud.	Différence.
Table no 10. Lieux entre 20° et 10° latitude.											
Littoral..	Bombay.	18 56 N.	70 54 E.		26.0	25.2	28.1	4.9	22	29	7
	Cumana.	10 28 —	66 50 E.		27.4	27.0	28.6	1.6	26	29	3
	Anjarakandy . . .	11 40 —	75 20 O.		27.2	26.9	26.1	0.8	25	29	4
	Madras.	13 5 —	77 57 E.		27.8	24.8	50.2	5.2	24	51	7
Insulaire	Maracaybo. . . .	11 19 —	76 29 O.		29.0	27.0	50.4	5.4	27	50	3
	Jamaïque	17 50 —	79 2 —		26.1	24.6	27.0	2.4	24	27	3
	Tortola (Antilles). .	18 27 —	67 0 —		26.2	25.5	27 0	1.5	24	27	3
	St-Barthélemy (<i>id.</i>). .	17 55 —	65 20 —		26.1	26.2	27.4	2.5	25	28	3
T. no 11. Lieux entre 10° et 0°.											
Littoral..	Paramaribo (Guy.).	5 45 N.	57 53 O.		26.5	25.9	26.9	1.0	25	28	3
	Christiansborg. . .	5 24 N.	2 10 O.		27 2	26.9	29.0	2.1	24	29	5
	St-Luis de Maranhao	2 51 S.	46 56 O.		27.1	27 1	27.0	1.0	26	27	1
	Côte de Guinée . .	5 50 N.	2 0 O.		27.4	28.4	28.5	0.1	25	28	3
Insulaire	Trincommale (Ceyl.)	8 54 —	79 2 O.		27.4	25.7	28.9	5.2	25	29	4
	Singapour.	1 17 N.	101 50 E.		25.9	25.9	27.1	1.2	25	27	2
	Batavia.	6 9 S.	104 55 E.		26.6	26.2	27.2	1.0	25	27	2

Tables des températures moyennes de quelques lieux situés à une élévation de 2990 à 1443^m.

Table no 12.

LIEUX.	LATITUDE.	LONGITUDE.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer.	TEMPÉRATURES MOYENNES.			Différences.
				Année.	Hiver.	Été.	
Casino, Etna	57 10 N.	12 41 E.	2990m	— 1.5	— 8.6	+ 6.6	15.2
St Bernard.	45 50 —	4 45 E.	4845m	— 1.0	— 7.8	+ 6.1	14.9
St-Gothard.	46 25 —	6 14 —	2095	— 0.8	— 7	+ 6.7	14.5
Darjiling.	27 0 —	86 4 —	2124	+ 12	+ 5.4	+ 16.5	10.9
Otacamound.	11 55 —	74 50 —	2241	15.9	11.4	16.5	4.9
Santa-Fé de Bogota. .	4 56 —	76 54 O.	2651	15	15.1	15.5	0.2
Quito.	0 14 —	81 5 —	2914	15.6	15.4	15.6	0.2
Mexico	19 26 —	101 26 —	2271	16.6	15.0	19.1	2.5
Moussouri . . (Inde).	50 27 —	75 42 E.	1910	14	5.5	19.8	14.5
Lohughat . . (Inde).	29 25 —	76 56 —	1696	15.2	7.5	21.2	15.7
Kathmandou . (Inde).	27 42 —	85 20 —	1415	17.5	8.4	24.5	15.9

CLIMATS	LIEUX.	LATITUDE. de Paris.	LONGITUDE	HAUTEUR au-dessus de la mer.	TEMPÉRATURE MOYENNE.						
					Année.	Hiver.	Été.	Différence des 2 moy.	Mois le plus froid.	Mois le plus chaud.	Différence.

Table no 5. Lieux situés entre 45° et 40° latitude.

Continental.	Fort Howard (Michigan)	44 40 N.	89 22 O.	180	6.6	— 7.5	20.5	27.8	— 7	25	50
	Councill Bluffs (Ét.-Unis)	41 25 O.	98 5 O.	525	9.7	— 5.2	25.2	28.4	— 6	25	29
	Rochester (Ét.-Unis)	43 8 —	80 11 O.	156	9.1	— 2.5	20.5	22.8	— 3	22	25
	Albany (<i>id.</i>)	42 59 —	76 5 —	58	9.2	— 3	20.9	25.9	— 3	22	25
Littoral amér.	Salem	40 24 —	76 35 —		12.1	2.2	21.1	18.9			
	Boston	42 51 O.	73 14 O.		8.9	— 2.6	20.6	25.2	— 5	21	24
Ins. aust.	Middletown (<i>id.</i>)	42 21 O.	75 24 O.		9.5	— 4.6	20.5	22.1	— 3	21	24
	Hobartown	42 45 S.	145 15 O.		11.5	5.6	17.5	11.7	4	17	15
Littoral.	Constantinople	41 0 N.	26 39 E.		15.7	4.8	25.0	18			
	Bordeaux	44 50 —	2 55 O.		15.9	6.1	21.7	15.6	5	22	17
	Florence	43 47 —	8 55 E.	64	15.2	6.8	24.0	17.2	5	25	20
	Perpignan	42 42 —	0 54 O.	55	15.5	7.2	25.9	16.7	5	25	20
	Marseille	43 18 —	5 2 E.	45	14.1	6.9	21.4	14.5	5	22	17
	Toulon	43 7 —	5 36 E.		15.1	8.6	22.5	15.7	7	25	16
	Nice	43 42 —	4 57 E.		15.6	9.5	22.5	15.2	8	25	15
Péninsulaire.	Rome	41 54 —	10 8 —	55	15.4	8.1	22.9	14.8	7	25	16
	Naples	40 51 —	11 55 —		16.4	9.8	25.8	14	9	24	15

T. no 6. Lieux entre 40° et 35° latitude.

Continental.	Marietta	59 25 N.	85 50 O.	195?	11.6	0.8	21.9	21.1	0	22	22
	Cincinnati	59 6 —	86 47 —	162	12.2	0.5	22.8	22.3	— 1	25	24
	St-Louis (Missouri)	58 56 —	91 56 —	170	15.0	0.7	22.4	21.7	— 1	25	26
Littoral amér.	Baltimore	59 17 —	78 58 O.		11.6	0.4	25.1	22.7	— 6.0	24	24
	Chapel-Hill	55 54 —	81 19 O.		15.7	5.4	25.2	19.8	2	25	25
Littoral.	Constantine	56 20 —	4 14 E.		17.2	10.2	26.6	16.4			
	Tunis	56 48 —	7 51 —		20.5	15.2	28.5	15.1	11	50	19
	Smyrne	58 26 —	21 48 —		18.2	11.1	26.0	14.9			
	Alger	56 47 —	0 45 —		17.8	12.4	25.6	11.2	14	24	10
Péninsulaire.	Gibraltar	56 7 —	7 41 O.		17.9	15.8	22.7	8.9	15	25	10
	Lisbonne	58 42 —	11 29 O.	72	16.4	11.5	21.7	10.4	11	22	11
Insulaire	Cagliari	59 15 —	4 6 E.		16.5	10.2	22.4	12.2	8	25	15
	Palerme	58 7 —	11 1 E.	101	17.0	11.4	25.5	12.1	10	24	14
	Messine	58 11 —	13 14 E.	55	18.8	12.8	25.1	12.5	12	26	14

T. no 7. Lieux entre 55° et 50°.

Littoral.	Abbeville (Caroline)	54 10 N.	84 46 O.		17.5	8.5	25.7	18.4			
	Smithville	54 — N.	80 25 O.		19.5	14.1	25.2	15.2	15	26	15
	Montevideo	54 54 S.	58 55 O.		19.5	14.1	25.2	11.1	15	26	15
Insulaire	Cap de Bonne-Espér.	53 55 —	16 8 E.		19.1	14.8	25.4	8.6	14	24	10
	Paramatta, N. Holl.	55 50 S.	148 50 E.		18.1	12.5	25.5	10.8	11	24	15
	St-George (Bermud.)	52 20 N.	67 10 O.		19.7	15.1	24.0	8.9	14	24	10
	Funchal (Madère)	52 28 N.	19 15 O.		18.7	16.5	21.1	4.8	15	22	7

T. no 8. Lieux entre 50° et 25°.

Péninsulaire.	St-August. (Floride)	29 48 N.	85 55 O.		22.5	15.5	28.2	12.9			
	Fort King (Floride)	29 05 —	84 50 —		22.0	16.5	28.1	11.9			
Insulaire	Las Palmas (Canar)	28 0 —	17 51 O.		21.8	15.0	25.8	9.8	17	29	12
	Ste-Croix (Teneriffe)	28 28 —	18 55 O.		21.9	18.1	24.9	6.8	17	26	9

T. no 9. Lieux entre 50° et 20° latitude.

Littoral.	Canton	25 8 N.	110 56 E.		21.0	12.7	27.8	15.1	11	28	17
	Macao	22 11 N.	111 14 E.		22.5	16.4	28.2	11.8	14	28	14
	Rio-Janeiro	22 55 S.	45 56 O.	48	25.1	20.5	26.1	6.0	19	26	7
	Calcutta (Asie)	21 40 N.	115 40 E.	87	25.7	20.4	28.7	8.5	18	50	12
	Calcutta	22 55 N.	86 O.		25.8	19.9	28.1	8.2	18	29	11
Insulaire	Key-West	24 54 —	84 15 —		24.7	21.5	28.1	6.6	21	28	7
	Honourouou (Sandw.)	21 19 N.	160 21 O.		25.7	21.6	25.5	5.9	21	25	4
	La Havane (Cuba)	25 9 N.	84 45 O.		25.0	22.6	27.4	4.8	21	27	6
	St-Denis (Bourbon)	20 52 N.	55 10 —	22	25.0	22.6	26.7	4.1	22	27	5
	Matanzas (Cuba)	23 2 N.	85 58 —		25.5	22.5	27.6	5.1	21	27	6

Tableau comparatif des hauteurs de la limite des neiges perpétuelles dans les deux hémisphères, dans les climats insulaires, péninsulaires, littoraux et continentaux sous les mêmes latitudes.

Table no 15.

CLIMAT INSULAIRE.			CLIMAT PÉNINSULAIRE			CLIMAT LITTORAL.			CLIMAT CONTINENTAL.					
Lieux.	Latitude.	Limite infér. des neiges pp.	Lieux.	Latitude.	Limite infér. des neiges pp.	Différence	Lieux.	Latitude.	Limite.	Différence.	Lieux.	Latitude.	Limite.	Différence.
Il Majeroë . . .	0 71 15 N.	720m	Norwége intér. . .	0 70 15	1072	552		0 0 ,				0 ,		
Islande Osterjoe-kull.	65	956m	Norwége intér. . .	66 67	1266	550								
Ounalachka . . .	55 44 N.	1070	Kamtchatka (Cheveluck V.). . .	56 40	1600	1600	Alpes.	45 45 46	2708m	1555				
Dét. de Magellan.	55 54 S.	1150					Caucase.	42 47 46	2708m					
Ile Georgie. . .	54 55 S.	0?												
Chiloë.	41 45° S.	1900m	Pyrénées.	0 42 20 45	2728m	825	Mont Ararat. . .	39° 42' N.	4518 ?	1425	Mont Bolor. . .	57 50	5185	2280
Sicile, Etna (1). .	37 50'	2905	Mont-Argœus. . .	58 55	5266	561	Chili (il ne pleut jamais.	55 S.	4482		Hindou Kho, V.S.	54 50	5956	
Sicile, Etna. . .	37 50 -	2905	Espagne, Sierra Nevada de Grenade	57 10	5410	505	Abyssinie.	15 10 N.	4287		Himalaya, V. N. . .	50 45 51	5067	585
							Cordilière orient. (il ne pleut jamais.)	14 S.	4852		Himalaya, V. S. . .	59 56	5956	1414
							Cordilière occ.d. Amérique mérid. (Sierra nevada de Merida) . . .	8 5	4550		Mexique.	19 19 45	4500	
							Amérique mérid. (Tolmer V.). . .	4 26	4670					
							Amérique mérid. (Puracé vol). . .	2 18	4688					
							Andes de Quito. . .	1° 10 50	4812					
							Equateur Quito. . .	0 0	4824					

(1) La limite des neiges perpétuelles est probablement trop basse, au mont l'Etna les neiges disparaissent quelquefois presque entièrement. (Elie De Beaumont).

(1) La limite des neiges perpétuelles est probablement trop basse, au mont l'Etna les neiges disparaissent quelquefois presque entièrement. (Elie De Beaumont).

M. Virlet fait observer que les filons striés signalés par M. Du-rocher à l'île de Skarholm (*Bull.*, 2^e sér., t. III, p. 68, et fig. 8 et 9 de la pl. I) ne sont pas particuliers aux côtes de la Suède ; et quoique la Méditerranée n'ait pas de marées très sensibles, néanmoins, sur un grand nombre de points de son littoral, de ceux qui sont plus particulièrement exposés à la fureur des flots, on observe des sillons ou canaux tout-à-fait analogues. Ces sillons, souvent très profonds, prennent naissance au niveau de la mer, c'est-à-dire vers le *côté choqué*, présentent des inclinaisons plus ou moins grandes, selon la forme de la côte, et diminuent graduellement de profondeur à mesure qu'ils s'éloignent du niveau de la mer ou atteignent la limite de la *zone du flot*, dont l'étendue varie avec les localités et suivant que l'action des courants se trouve accrue par l'action des vents régnants. Le fameux cap Tœnare (Matapan), qui forme la pointe la plus méridionale de la Morée, présente, particulièrement sur sa côte occidentale, de ces sillons caverneux qui en rendent l'abord très difficile. Quand la mer vient à déferler, la lame se précipite dans ces canaux très souvent ramifiés en plusieurs branches, les remonte avec violence, et va parfois ressortir par des issues qu'elle s'est creusées à travers les bancs qui font saillie. Le cap Grosso, situé à quelque distance au N.-O., n'est pas moins remarquable que le précédent, par suite de l'action érosive des eaux, et il est très probable qu'il devait son nom ancien de *Thyrides* (fenêtres, ouvertures) à ses nombreux sillons. On ne pourrait quelquefois mieux définir les masses calcaires ainsi profondément sulcaturées qu'en les comparant aux branches ramuleuses d'un immense polypier.

La zone du flot, ajoute M. Virlet, qui s'élève quelquefois à sept ou huit mètres de hauteur verticale, et qui se distingue ordinairement par sa grande blancheur, se termine par une autre zone noire, formée par des concrétions de calcaire mamelonné d'un brun noirâtre, qui recouvrent les parties des rochers. Ces concrétions curieuses, à cassure cireuse, translucide, et à structure rayonnée, n'ont que quelques lignes d'épaisseur, et présentent plus de dureté que le calcaire ordinaire. L'analyse y a fait reconnaître 87 p. 100 de carbonate de chaux, et 13 d'alumine, d'oxyde de fer et de matières orga-

niques servant d'agent colorant : elles sont journellement formées par les eaux de la mer, et peuvent être considérées comme le dernier résultat de la vague expirante. (*Voy.* fig. 2, pl. IX de la 2^e série de l'Atlas du grand ouvrage de la commission de Morée.)

M. Martins ne croit pas qu'il y ait de règles générales relativement à la densité de la neige : au Mont-Blanc, elle varie suivant les saisons et même les semaines ; elle n'est dure que lorsqu'elle a subi des fusions superficielles répétées. Il ajoute que les glaciers ne descendent dans la mer que lorsque sa température est au-dessous de 0°.

On lit le Mémoire suivant de M. Coquand.

*Notice sur un gisement de Gypse au promontoire Argentario ,
par H. Coquand.*

Le mont Argentario forme vers les confins de la Toscane, à l'O. d'Orbetello, une presqu'île attachée au continent par deux langues de sable très étroites et par une digue qui, poussée à travers l'étang même d'Orbetello, met directement cette ville en communication avec le port de San-Stefano.

Les roches qui composent cette contrée remarquable par son admirable situation ressemblent d'une manière si frappante à celles du Capo-Corvo, à l'E. du golfe de la Spezzia, que la description d'une de ces régions peut s'appliquer presque littéralement à l'autre. On observe cependant au cap Argentario quelques particularités que la nature a refusées au cap Corvo, et sur lesquelles la Société me permettra d'appeler un instant son attention.

La route d'Orbetello à San-Stefano, ouverte d'abord dans une petite plaine d'alluvion due aux relais de l'étang, atteint après un bref parcours un calcaire noirâtre disposé en grandes couches encroûtées de cargneules, et que l'on retrouve dans toute la portion orientale de la presqu'île. Sa cassure est conchoïde, avec une tendance vers la texture saccharoïde : de plus, il est traversé par des veines spathiques dont la blancheur fait ressortir vivement le ton foncé de la masse. Dans les parties supérieures, du moins dans celles que j'ai visitées, il n'admet aucune couche subordonnée, telle que marnes ou argiles, ainsi qu'on l'observe fréquemment dans les grandes formations calcaires. La dolomie même, bien qu'elle s'y montre en grande abondance, n'y constitue jamais des

bancs stratifiés : elle y existe à l'état de concrétions cariées, d'encroûtements bréchiformes, véritables cargneules, au milieu desquelles sont englobés des fragments anguleux de calcaire noirâtre; elles s'accrochent à la superficie des couches, ou bien elles s'infiltrant dans les joints de séparation, sans jamais pénétrer dans l'intérieur même des masses : on dirait une transsudation de carbonate de magnésie à travers les interstices de la roche. La facilité avec laquelle cette substance spongieuse laisse passer les eaux donne lieu à une précipitation assez abondante de carbonate de chaux stalactitique, qui obstrue les cavités ou tapisse leurs parois de cristaux rhomboédriques.

Depuis l'extrémité de la digue jusqu'à la hauteur de la tour Trenatale, le terrain ne présente aucun autre accident; mais dans le voisinage de cette vigie, on voit les calcaires alterner dans leurs parties inférieures avec des marnes bariolées, des phyllades satinées violettes et des conglomérats quartzeux en couches épaisses et irrégulières : ces alternances se continuent avec constance jusqu'à l'hôtel de la Santé de San-Stefano, et elles démontrent la plus rigoureuse concordance entre les calcaires noirs et le système des marnes et des conglomérats. La composition de ces derniers n'offre guère de variations que dans le volume des éléments constitutifs : ce sont des anaginites avec cailloux de quartz rubigineux et de lydienne retenus par un ciment siliceux cristallin, ou bien des quartzites grenus avec les mêmes cailloux, mais réduits, par la trituration, à une forme granulaire. Les marnes, dont la couleur dominante tire au violet ou au rouge hématoïde, passent par toutes les gradations imaginables à des phyllades plissées, à des schistes luisants cotieulaires et à des schistes grossiers. Elles sont traversées, ainsi que les conglomérats, par des filons de quartz amorphe que je n'ai jamais vus s'introduire jusque dans les calcaires noirâtres superposés. Comme roches subordonnées, je dois mentionner dans le système inférieur des bancs d'un calcaire feuilleté, passant volontiers au calschiste ou au cipolin et revêtant ordinairement la livrée des marnes encaissantes. Dans la profondeur, les conglomérats disparaissent pour faire place à un ensemble de schistes argileux et de stéaschistes, dont on peut mesurer la puissance en l'étudiant dans les falaises voisines de la tour Lividonia.

Mais l'espace compris entre la tour Calamoresca et la tour Calapiatti renferme des sujets d'étude bien autrement intéressants. On peut s'y rendre en suivant le chemin du littoral; mais il est mieux de donner la préférence au sentier de montagne, qui, tracé

en écharpe sur les deux versants des arêtes culminantes, recoupe toutes les couches de la presqu'île et permet d'en saisir les rapports. Jusqu'en face de l'antique tour *Argentaria* on n'abandonne point les calcaires noirâtres que nous avons déjà mentionnés : seulement, vers les lignes de la séparation des eaux, les marnes violettes commencent à pointer, et en face de *Calagrande*, elles envahissent avec les conglomérats toute la portion occidentale du mont *Argentario*, de sorte que le calcaire se trouve rejeté dans les régions orientales.

Entre *Calagrande* et *Calamoresca*, le sentier est barré par un filon d'euphotide d'un mètre environ de puissance, qui se dirige vers *Calagrande* en s'insinuant au milieu des marnes bariolées sous forme de filon-couche. Cette euphotide, qui, par sa composition, rappelle certaines ophites des Pyrénées, principalement celles d'Eup (vallée de la Garonne), n'a aucune ressemblance avec les autres produits ophiolitiques de la Toscane, dont le gisement paraît subordonné presque constamment à la formation de l'albérès. Le fond de la roche est une saussurite verdâtre, compacte, colorée en vert, à cassure esquilleuse, parsemée de quelques lames courtes d'un diallage vert-foncé et de quelques cristaux d'une substance feuilletée qui m'a paru être de l'amphibole. Cette roche magnésienne reparait à l'*Orto di Surdini*, au-dessus de *Calagrande*, et plus au sud vers la tour *Calapiatti*, où elle semble limiter la formation gypseuse. Elle constitue plutôt des dykes ramifiés que des masses puissantes et indépendantes, ainsi qu'on le remarque pour les dépôts serpentineux du continent.

L'intervalle compris entre les lignes occupées par les filons d'euphotide renferme un gisement très curieux de gypse dont le torrent de *Calamoresca* présente une très belle coupe. En effet, le lit de ce ruisseau, que les eaux ont creusé très profond, permet d'en étudier tous les accidents avec la plus grande facilité. Depuis le chemin de montagne jusqu'au bord de la mer, on constate des alternances plusieurs fois répétées de calschistes, de marnes boueuses, de gypses, de conglomérats quartzeux et de phyllades. Ce sont, comme on le pense bien, les bancs calcaires qui, par voie d'épigénie, ont donné naissance aux gypses. Rien aussi n'est plus anormal et plus capricieux que la position de cette dernière roche. Quelquefois le calcaire a subi une transformation complète sur une certaine étendue, en ne conservant aucun de ses caractères primitifs; d'autres fois, au contraire, l'influence métamorphique, ne s'étant exercée que sur des points limités, n'a converti le calcaire en gypse que dans ces points seulement, de sorte qu'une

même couche n'a été convertie en sulfate de chaux que dans son centre, les deux extrémités ayant conservé leur acide carbonique. La théorie de ce fait a échappé naturellement aux exploitants qui ont tenté des excavations sérieuses dans cette contrée, et elle a donné lieu à bien des mécomptes. C'est ainsi que toutes les galeries ouvertes, dès les débuts, dans un banc de gypse de très bonne qualité, après un parcours de quelques mètres, n'ont plus traversé que de la pierre à plâtre tellement mélangée de calcaire qu'il a fallu les discontinuer pour rechercher d'autres points d'attaque qui, à leur tour, ont conduit à un résultat analogue. Aussi, aujourd'hui, bien que le gypse manque entièrement dans la Province inférieure, dans les îles de Giglio et de l'Elbe, et que l'exploitation du gisement de Calamoresca, situé sur les bords de la mer, eût constitué une opération lucrative, on se borne à enlever les blocs qui se détachent, pour ainsi dire, d'eux-mêmes, et on recule devant des travaux de profondeur. J'ai recueilli une série d'échantillons très curieux et très instructifs, dans lesquels se montrent les passages les mieux ménagés du calcaire compacte au gypse : on peut y constater, pas à pas, les conquêtes progressives que l'acide sulfurique a faites sur le carbonate de chaux ; car les traces extrêmes de l'invasion sont nettement indiquées par des réticulations gypseuses, qui pénètrent la masse dans tous les sens et emprisonnent des portions calcaires qui n'ont échappé à l'action métamorphique que parce qu'elles se trouvaient un peu trop en dehors de ses atteintes.

La couleur du gypse est généralement d'un blanc sale, assez analogue à celle du gypse de Montmartre ; son grain est lamellaire, un peu écailleux : cependant les variétés blanches et saccharoïdes n'y sont point une rareté. Au milieu des masses gypseuses sont enclavés des nœuds de karsténite bleuâtre, d'un aspect pierreux, qui, dans les parties exposées au contact de l'air, passent insensiblement à un sulfate hydraté par suite de l'assimilation de l'eau qu'ils ont soustraite à l'atmosphère. Il n'est pas rare de remarquer encore entre les feuillets du gypse un enduit talqueux ou des paillettes de talc argentin que l'on retrouve aussi dans les calschistes et dans les cipolins du voisinage qui n'ont pas subi d'altération.

Une autre particularité qui mérite d'être signalée consiste dans la rencontre que j'ai faite, au sein des conglomérats quartzeux qui alternent avec les gypses, de nombreuses mouches de cuivre carbonaté bleu et vert, lesquelles imprègnent profondément cer-

taines couches. Ces carbonates proviennent par voie de décomposition de petits nodules de cuivre gris dont je suis parvenu à recueillir quelques échantillons : c'est la reproduction exacte d'un fait analogue qu'offrent les grès bigarrés du cap Garonne, près de Toulon, dans lesquels s'est intercalé un banc puissant de conglomérat quartzeux cristallin qui est traversé par des veinules de cuivre gris, auxquelles sont dues pareillement des imprégnations de carbonate vert et bleu.

Il est inutile d'insister longuement pour prouver que le gypse de Calamoresca constitue un gisement anormal, dont la production par la réaction des vapeurs sulfureuses date d'une époque postérieure à la sédimentation des terrains dont est formé le mont Argentario ; mais les circonstances de la présence des dykes de porphyre magnésien traversant les mêmes couches qui ont donné naissance au sulfate de chaux, et limitant presque exactement le dépôt gypseux, méritent d'être signalées à cause de leur importance géologique d'abord, et en second lieu parce qu'elles concordent avec les circonstances identiques qui, dans la chaîne des Pyrénées, rattachent le phénomène de la conversion de certains calcaires en gypse à l'apparition des ophites ; et ce rapprochement me paraît d'autant plus naturel que les calcaires jurassiques, pourtant si abondamment répandus sur le sol toscan, ne présentent que sur ce point et sur un autre décrit par M. Savi les traces d'une pareille métamorphose, et que dans ces deux localités éloignées l'une de l'autre, mais au cap Argentario spécialement, la nature, pour nous dévoiler les mystères de la transformation, a placé, pour ainsi dire, la cause à côté de l'effet produit.

Le gisement décrit par M. Savi (1) offre beaucoup d'analogie avec celui de Calamoresca. Ce savant l'a observé dans les montagnes de Camporaghena (Alpes Apuennes). Au-dessus du *botro dello Spedelaccio*, les roches passent à un véritable stéaschiste auquel le dépôt gypseux se lie par l'intermédiaire d'une grande masse de calcaire caverneux, qui à son tour se confond avec le galestro, les marnes rouges et avec le macigno. Ce qu'il y a de curieux, c'est que le cuivre a été retrouvé dans cette localité à l'état natif et à celui de carbonate vert et bleu. La karsténite y est associée au gypse, et forme, au milieu des calcaires caverneux, un dépôt anormal, dont M. Savi a très bien reconnu l'origine métamorphique, qu'il attribue à l'injection des filons de fer et de cuivre que l'on remarque dans le voisinage.

(1) *Nuovo giornale de' Letterati*, n° 70, page 55. Pise.

Dans mon mémoire sur les terrains stratifiés de la Toscane (1), j'ai accompagné d'une coupe la description du cap Corvo, qui présente la même succession de calcaires, de conglomérats quartzeux, de phyllades, de cipolins et de stéaschistes que le mont Argentario. La grosse mer ne me permit pas d'aborder les falaises qui montrent le contact et les relations des calcaires avec les conglomérats, et j'avais cru reconnaître, du bateau qui rasait la côte, une discordance entre eux. Le contournement et l'état tourmenté des couches n'aidèrent pas peu à me confirmer dans cette opinion. M. Pilla, qui avait visité le cap à peu près à la même époque, reconnut comme concordants tous les termes des terrains qui composent cette contrée remarquable. Je suis d'autant plus porté à me ranger à son avis que les études que j'ai faites postérieurement au mont Argentario, où les accidents du sol se prêtent mieux à l'observation et où se montrent les mêmes couches, ne peuvent laisser place à aucun doute.

Examinons en ce moment quel est l'âge du calcaire noirâtre et des gypses qui lui sont inférieurs et concordants.

On a pu voir par le travail de M. de Collegno sur les terrains stratifiés des Alpes Lombardes, par les écrits de MM. Savi, de Zigno, Catullo, et par mon mémoire, combien les opinions des géologues relativement à la classification des terrains stratifiés de l'Italie sont divergentes entre elles. Cette confusion vient de s'accroître encore par la note que M. de Buch a rédigée dernièrement sur les caractères distinctifs des couches jurassiques supérieures dans le midi de l'Europe (2), et dans laquelle ce célèbre géologue place dans le jurassique supérieur les calcaires rouges que M. de Collegno, à juste titre suivant nous, considère comme liasiques.

M. Pilla, qui adopte l'opinion de M. de Buch, a publié tout récemment un écrit remarquable (3) dans lequel il discute la position des divers terrains qui composent le sol de la péninsule italienne. L'auteur s'est appuyé, pour justifier ses divisions, sur l'indépendance des formations et sur la comparaison des fossiles; mais ce double principe est méconnu dans les questions qui renferment les étages de la formation jurassique. Pour ce terme des terrains secondaires, la discordance de stratification et la valeur des caractères paléontologiques fléchissent : aussi la classification

(1) *Bulletin*, 2^e série, tome II.

(2) *Bulletin*, 2^e série, tome II, page 359.

(3) *Saggio comparativo dei terreni che compongono il suolo d'Italia* (Pise, 1845).

qu'il propose est loin de présenter cette certitude que l'on était en droit d'attendre d'un observateur si éclairé. La difficulté de bien distinguer les divers horizons géologiques de l'Italie tient-elle réellement à des causes inhérentes à la constitution du sol, ou bien à une fausse application des lois de distribution des espèces fossiles?

Comme cette question est d'un haut intérêt, nous la discuterons ici en nous étayant des faits reconnus par les géologues qui ont écrit sur l'Italie.

Le point de départ pour la division des terrains de cette contrée a été le calcaire rouge à Ammonites; c'est à M. de Collegno que revient l'honneur de l'avoir fixé. Depuis, ce même calcaire rouge a été le champ de bataille où se sont agitées toutes les opinions géologiques.

Et d'abord M. de Collegno (1) mentionne dans le calcaire rouge des environs du lac de Côme les Ammonites suivantes :

Heterophyllus (Sow.),
Elegans (Sow.),
Fibulatus (Sow.),
Walcotii (Sow.),
Insignis (Zieten),

| *Radians* (Schlot.),
 | *Scipionianus* (d'Orbig.),
 | *Thouarsensis* (d'Orbig.),
 | *Comensis* (de Buch).

J'assimile à mon tour le même calcaire rouge de la Spezzia, du Campiglièse, de Gavorrano, de l'île d'Elbe, au calcaire rouge du lac de Côme. Les ammonites qui y ont été trouvées sont les

Bucklandi (Sow.),
Obtusius (Sow.),

| *Serpentinus* (Schlot.).

M. Pilla (*loc. cit.*, page 70) signale dans les mêmes calcaires rouges de la Toscane les Ammonites

Costatus (Schlot.),

| *Conybeari* (Sow.).

Le calcaire analogue de Corfino (Alpes Apuennes) contient, d'après le même auteur (*loc. cit.*, page 72), les Ammonites

Conybeari,
Obtusius,

| *Tatricus* (Pusch).

L'Ammonite *Costatus* a été retrouvée à Monte-Corno, dans les

(1) *Bulletin*, 2^e série, tome I, page 190.

Abruzzes, dans un calcaire jurassique, par M. Orsini di Ascoli (*loc. cit.*, page 70).

Dans les États de l'Église, à Terni (*loc. cit.*, page 70), M. Pilla cite la découverte d'une Ammonite qu'il possède et qu'il rapporte à la *Tortilis* (d'Orbig.).

M. Paillette a trouvé l'Ammonite *Kridion* (Hehl) à *Contraa-Fontenilla*, près *Taornima* (Sicile); (voyez *Paléontologie de d'Orbigny, terrains jurassiques*).

M. d'Orbigny (*Pal.*, *terr. jurassiq.*) mentionne à la Spezzia les Ammonites

<i>Catenatus</i> (Sow.),	<i>Articulatus</i> (Sow.),
<i>Sismondæ</i> (d'Orbig.),	<i>Boucaultianus</i> (d'Orbig.).
<i>Phillipsii</i> (Sow.),	

Enfin M. de Buch nomme dans les couches supérieures jurassiques du midi de l'Europe les Ammonites

<i>Tatricus</i> (Pusch), variété de l' <i>He-</i>	<i>Cordatus</i> ,
<i>terophyllus</i> ,	<i>Flexuosus</i> (Munster),
<i>Polygiratus</i> (Rein.),	<i>Mutabilis</i> ,
<i>Kænigii</i> (Sow.),	<i>Bioculatus</i> .

En reconnaissant avec les observateurs précités que les calcaires à Ammonites appartiennent toutes à un même horizon géologique et représentent le même étage, nous verrons que les Céphalopodes ci-dessus mentionnés, et qui sont au nombre de 28, se répartissent de la manière suivante :

21 dans le lias :

<i>Scipionianus</i> (lias inférieur),	<i>Kridion</i> (lias inférieur),
<i>Catenatus</i> (id.),	<i>Fibulatus</i> (lias moyen),
<i>Sismondæ</i> (id.),	<i>Costatus</i> (id.),
<i>Phillipsii</i> (id.),	<i>Heterophyllus</i> (lias supérieur),
<i>Articulatus</i> (id.),	<i>Elegans</i> (id.),
<i>Conybeari</i> (id.),	<i>Walcotii</i> (id.),
<i>Boucaultianus</i> (id.),	<i>Insignis</i> (id.),
<i>Bucklandi</i> (id.),	<i>Radians</i> (id.),
<i>Obtusus</i> (id.),	<i>Thouarsensis</i> (id.),
<i>Serpentinus</i> (id.),	<i>Kænigii</i> .
<i>Tortilis</i> (id.),	

1 dans le coral-rag :

Flexuosus.

1 dans le jurassique supérieur :

Tatricus.

5 sans désignation d'étages :

Polygiratus,
Mutabilis,
Cordatus,

Bioculatus,
Comensis.

En ayant égard, comme on le voit, aux caractères paléontologiques seulement, la position du calcaire rouge ne saurait être douteuse ; elle appartiendrait incontestablement au lias. M. de Collegno le place dans le lias supérieur ; je lui assigne au contraire le lias inférieur, parce qu'à la Spezzia j'ai constaté que ce calcaire est séparé des autres calcaires jurassiques par une couche puissante de schistes à *Posidonia liasina*, fossile caractéristique des couches supérieures du lias. (Voir ma coupe, *Bulletin*, 2^e série, tome I, et celle conforme de M. Pilla.) Mais n'y regardons pas de si près, ne nous occupons pas si c'est dans la partie supérieure ou inférieure du lias qu'il faut introduire les couches à Ammonites. M. de Buch s'appuyant, pour tracer son horizon jurassique supérieur, sur des faits peu nombreux de paléontologie, les géologues qui pour le classement du calcaire rouge de l'Italie adopteront la même méthode arriveront à des résultats tout aussi irréprochables, surtout s'ils invoquent à l'appui de leur opinion la comparaison d'un nombre plus considérable de fossiles. J'ai alors le droit de m'étonner de ne point voir figurer dans l'énumération des espèces qu'il cite l'*Ammonites Walcotii* et les autres Ammonites reconnues dans les environs du lac de Côme.

Quelques géologues de l'Italie septentrionale assuraient avoir recueilli aux environs de Varèse, et dans une même couche, des *Fucoides*, des *Catillus* et d'autres espèces crétacées associées avec les Ammonites liasiques de la Spezzia et des calcaires rouges de la Toscane. Je disais à cet égard dans mon mémoire que si à Varèse les calcaires rouges offraient véritablement tous les fossiles de la craie que l'on y mentionnait, ce calcaire ne pouvait être le même que celui de la Ligurie et de l'Étrurie ; et mon raisonnement *à priori* est parfaitement justifié par les observations ultérieures de M. de Collegno, qui reconnaît que dans les contrées à failles des Alpes italiennes, « il devient souvent difficile de reconnaître exactement la limite des deux formations jurassique et crétacée. » (*Bulletin*, 2^e série, 2^e vol. page 365.) Ainsi, il explique très bien

comment par le moyen d'une faille, à Varèse même, la formation crétacée est juxtaposée à la formation jurassique, de manière à présenter à un même niveau, et pour ainsi dire dans la même ligne, des fossiles particuliers à chacune d'elles, bien qu'en réalité il existe une solution de continuité qui établit une séparation tranchée, sinon apparente. Lors donc que j'étais porté à séparer le calcaire rouge de Varèse de celui de Côme, du Campiglièse et de Montieri, j'étais amené à provoquer cette séparation, bien que je ne connusse point la localité par les inductions paléontologiques, et j'avais raison, car M. de Collegno nous enseigne qu'une faille a déplacé des calcaires rouges crétacés à *Fucoides* et à *Catillus* pour les rapprocher de notre calcaire rouge à Ammonites : d'où je conclus que la distinction des terrains stratifiés de l'Italie par le secours des fossiles est encore le meilleur guide que l'on puisse suivre. M. de Collegno ajoute, dans la même note, que l'autorité de M. de Buch a seule pu faire disparaître au congrès de Milan ces confusions qui duraient depuis bien des années. Il eût été à désirer que M. de Collegno fût entré à ce sujet dans quelques explications. Si M. de Buch a eu le mérite de faire rentrer dans leurs limites naturelles les portions jurassiques du calcaire de Varèse, il le place néanmoins dans le jurassique supérieur; M. de Collegno au contraire, dans son travail sur les Alpes Lombardes, les introduit dans le lias. S'il partage aujourd'hui l'opinion du savant prussien, comment, dans sa dernière note, avance-t-il « n'avoir rien trouvé, dans les ob- » jections qui ont été faites sur sa classification des terrains de » l'Italie, qui lui paraisse devoir porter quelque changement à » cette classification ? »

Nous admettons donc, d'après la comparaison des fossiles, que les calcaires rouges de la Spezzia et du Campiglièse appartiennent au lias. Examinons à présent si leur position géologique correspond à cette première induction. Au golfe de la Spezzia, les calcaires rouges occupent la partie inférieure de la montagne de la Coregna, et supportent toute la série des couches jurassiques (voir notre coupe et celle de M. Pilla). S'ils sont une dépendance réelle du lias, ainsi que nous le pensons, leur position est normale et corrobore la déduction tirée de la détermination des fossiles. A Campiglia, nous avons vu ces mêmes calcaires s'appuyer en discordance de stratification sur les marbres blancs, dont ils sont nettement séparés par une masse de conglomérat à fragments roulés de ce même marbre; ce n'est point ici une faille, mais un vrai hiatus, un changement de formation que nous dévoile la coupe naturelle de la Grande-Cave. Si à la Spezzia les calcaires rouges sont

liasiques, leurs analogues ne le sont pas moins à Campiglia, car ils renferment les Ammonites *Bucklandi*, *costatus*, *obtusus*, *Conybeari*, etc. A la Spezzia, ils supportent la série entière des étages jurassiques ; à Campiglia, ils sont discordants avec les marbres blancs : donc les marbres blancs ne peuvent plus être considérés comme jurassiques.

J'ai bien pu dans mon mémoire comparer les schistes cristallins de la Toscane aux schistes primaires des Pyrénées, mais non point les marbres de Carrare à ceux de Saint-Béat, que je reconnais comme jurassiques. Pour répondre à une de ses insinuations, je ferai cette question à M. de Collegno : si les marbres rouges de Cierp, qui constituent une masse très puissante dans les terrains de transition et qui sont contigus aux marbres saccharoïdes de Saint-Béat, avaient éprouvé la même transformation que les calcaires jurassiques du pic du Gar, ce qui pouvait très bien se réaliser, n'aurait-il pas fallu distinguer ce marbre blanc de transition du marbre blanc jurassique, bien que l'un et l'autre eussent existé dans des relations très étroites de voisinage et même de contrée ? Pourquoi donc les marbres de Carrare et de Campiglia ne représenteraient-ils pas des calcaires de transition, qui, postérieurement à leur modification, auraient été recouverts par des calcaires jurassiques, ainsi que nous le démontre la Grande-Cave, surtout lorsque ces derniers nous offrent le terme le plus ancien de la formation jurassique, se séparent nettement des marbres blancs par la discordance, par leurs caractères minéralogiques, par leurs fossiles et par l'interposition d'un conglomérat, lorsque d'un autre côté la découverte de calcaires diluviens dans la Sardaigne rend encore plus pressant le besoin d'une pareille distinction ?

On ne sera pas fâché, je pense, de connaître sur cette importante question l'opinion d'un géologue distingué, de M. A. Burat, qui a fait de la Toscane l'objet d'une étude spéciale, et qui vient de consigner le résultat de ses investigations dans un ouvrage étincelant de faits (1). Cet observateur pensait d'abord que les marbres du Campiglièse étaient jurassiques, et il se basait justement sur leur discordance avec les calcaires rouges, qu'il considérait alors comme créta-cés ; mais depuis, ayant distingué ces derniers de l'albérèse et du macigno, il a dû changer la chronologie des terrains de la Toscane. Dans son ouvrage sur la théorie des filons, il décrit les caractères des diverses formations ignées, du verrucano et des calcaires saccharoïdes des Alpes Apuennes ; mais relativement aux marbres, il

(1) *Théorie des gîtes métallifères*, Paris, 1845, pages 162 et 169.

se demande : Quel est ce terrain ? L'analogie l'a-t-elle fait supposer jurassique, parce que c'est en quelque sorte la position la plus inférieure qu'on puisse attribuer à une formation calcaire aussi puissante et aussi homogène ? Néanmoins nous indiquerons quelques faits qui semblent devoir reculer d'une manière notable l'âge de ces marbres de Carrare.

« Au-dessus des marbres de Campiglia se trouvent des calcaires roses et rouges, souvent schisteux, alternant avec des schistes gris, roses et lie de vin auxquels se mêlent quelquefois des couches siliceuses. Ce sont ces calcaires qui, aux environs de Caldana, contiennent des Ammonites ; on les avait d'abord considérés comme appartenant à la partie inférieure des terrains crétacés, mais les fossiles qu'on y a trouvés les ont fait placer dans le lias. Leurs relations avec les marbres ne sont pas cependant telles qu'on puisse les attribuer à la même formation, et le Campiglièse présente sur ce point quelques faits intéressants. Un escarpement dit la Grande-Cave présente la coupe la plus heureuse du contact des deux terrains. Une ligne très apparente sépare les marbres blancs et massifs des calcaires schisteux rosés. Cette discordance de stratification est encore frappante dans plusieurs tranchées faites près de la mine de Tempirino, et en continuant de s'élever suivant une ligne E.-O. on peut voir sur les flancs du Calvi plusieurs points où les schistes viennent se heurter contre les marbres ; les premiers ayant leur pendage au S. , les seconds vers le N. On ne peut donc pas douter que cette ligne ne soit réellement un des anciens rivages de la mer, dans laquelle furent déposés les terrains rouges, schisteux et calcaires, et le changement très prononcé dans la composition du sol se trouve ainsi justifié par une séparation géognostique non moins évidente.

« Quel est actuellement l'âge des terrains qui se trouvent de chaque côté de cette ligne ? Les calcaires rosés contiennent à Caldana de petites Ammonites qui ont été reconnues comme appartenant ordinairement au lias. Ces calcaires sont d'ailleurs recouverts en stratification très discordante par les macignos. On avait d'abord supposé que les calcaires à Ammonites étaient crétacés ; les marbres devenaient alors naturellement jurassiques ; mais si réellement ces calcaires représentent le lias, à quel terme de l'échelle géognostique rapporter ces marbres si homogènes et si puissants qui, au-dessous des terrains jurassiques, constitueront une véritable anomalie ? »

Cette opinion, que j'avais déjà émise dans mon mémoire sur les terrains stratifiés de la Toscane, a eu tout récemment pour adhé-

rent M. A. Paillette. Ce géologue, à qui j'ai montré, lors de la visite qu'il est venu faire à nos filons, les localités que M. Burat et moi nous avions décrites, m'assura qu'il était d'autant plus disposé à adopter nos conclusions qu'il lui était démontré que la plus grande partie des marbres des Pyrénées méridionales, que l'on avait considérés jusqu'ici comme jurassiques, devaient être rapportés au terrain dévonien.

M. Pilla, dans son dernier travail, reconnaît ainsi que moi dans le Campiglièse deux formations calcaires, distinctes, discordantes et séparées par un conglomérat : de plus, ses études particulières le portent à distinguer dans les montagnes Pisanes deux formations calcaires qui correspondent parfaitement à celles de Campiglia. Décrivant ensuite le calcaire rouge de Corfino, dans lequel il cite les *Ammonites obtusus*, *Conybeari* et *tatricus*, il l'assimile aux autres calcaires rouges de l'Italie ; mais il les considère tous comme appartenant à l'étage supérieur du terrain jurassique ; et comme ce calcaire, ajoute ce géologue, se lie avec la grande masse calcaire superposée aux schistes cristallins des Alpes Apuennes, on peut conclure que ces deux dépôts sont du même âge. Cette conclusion, qui viole les lois de distribution paléontologique, et qui, de plus, ne tient aucun compte des discordances constatées à Campiglia et aux montagnes de Pise entre les calcaires rouges et les marbres blancs, aurait besoin d'être démontrée par des preuves plus décisives, puisqu'elle tendrait à introduire dans la science des faits nouveaux qui heurtent les méthodes reconnues exactes par tous les géologues, et employées jusqu'ici pour la division des formations sédimentaires (1).

(1) Je suis d'autant plus en droit de remarquer que M. Pilla, pour établir ses coupes du terrain jurassique, ne tient aucun compte de la valeur des fossiles, que pour la division des autres terrains de la péninsule il emprunte tous ses arguments à la paléontologie. Dans mon mémoire sur les terrains tertiaires de la Toscane, j'avais assimilé la molasse de San-Dalmazio à celle de la Provence, en me fondant sur l'identité des fossiles que j'avais recueillis dans ces deux contrées. Je citais surtout les *Pecten Jacobæus* et *latissimus*. M. de Collegno m'objecta avec raison que ces espèces étaient aussi mentionnées dans les marnes subapennines, et que je ne pouvais m'en prévaloir pour introduire, d'après cette autorité seulement, un étage moyen dans les terrains tertiaires de la Toscane. M. Pilla dans son dernier travail, rebat cet argument, en disant que le *Pecten latissimus* est caractéristique de la formation subapennine dans la Calabre, le Siennois et la Pianosa. Depuis l'impression de mon mémoire, ayant eu l'occasion de recueillir une quantité plus considérable de fossiles dans la *panchina*,

Le calcaire rouge de la Spezzia, dans la coupe que M. Pilla a donnée de cette contrée, est porté dans la position que je lui ai reconnue, c'est-à-dire à la partie la plus inférieure des terrains jurassiques ; mais cet observateur le place au même niveau que les calcaires rouges du lac de Côme, et il en fait l'étage supérieur de la formation jurassique, en recueillant pareillement comme jurassique supérieur la *majolica* qui lui est superposée et qui n'a pas moins de 60 mètres de puissance ; mais pour expliquer la position du calcaire rouge à la Spezzia, M. Pilla suppose un renversement

et ayant remarqué qu'ils ressemblaient à ceux qui proviennent des environs d'Aix, j'avoue que je commence à douter que la molasse du midi de la France appartienne réellement à l'étage moyen tertiaire, et qu'elle pourrait bien être subapennine. Je dois ajouter que, relativement à la coupe que j'ai donnée de la position de San-Dalmazio, le fait de superposition est tellement patent, surtout quand on examine la succession des couches dans le sens de leur inclinaison, que force est de reconnaître que la *panchina* supporte les marnes subapennines. M. Pilla eût pu s'en convaincre lui-même s'il eût eu le temps de visiter, près de Monte-Castelli, un point où cette superposition est évidente, et que j'avais prié M. Monin, ingénieur de notre Société, et de plus excellent géologue, de lui montrer. Je n'avais donc pas besoin de prouver, comme me le demande M. Pilla (*loc. cit.*, pag. 36 et 39), que la molasse de San-Dalmazio différerait de celle qui, à Volterra, couronne les marnes subapennines ; c'était à lui de contester l'exactitude de ma coupe, ou bien de reconnaître dans le Volterrano des alternances entre les *panchines* et les marnes bleues : dès lors, l'examen des fossiles seul pouvait décider la question, et assigner aux unes et aux autres leur véritable position géologique. Dans tous les cas, j'étais conséquent avec moi-même et avec les opinions professées par tous les géologues qui considèrent la molasse du midi de la France comme un étage miocène, en faisant miocène, à mon tour, un terrain que je rencontrais en Toscane et dans la même position et avec les mêmes fossiles. Je suis d'autant plus enchanté que les savants italiens se servent de la comparaison des fossiles comme moyen de distinguer les étages des terrains tertiaires, que j'avais d'abord pensé qu'on considérerait l'application de ce caractère ou comme difficile, ou comme insuffisante, puisque des géologues distingués avaient regardé comme terrains houillers les terrains tertiaires à lignite de l'Italie méridionale. Si donc M. Pilla s'arme d'un seul fait paléontologique pour attaquer mon étage tertiaire moyen (et il est bon d'observer que, dans les terrains tertiaires, la distribution des fossiles n'est pas assujettie à des lois aussi rigoureuses que dans les terrains inférieurs), je lui demanderai les raisons qui le portent, contrairement aux principes qu'il invoque, à ranger dans la partie supérieure du terrain jurassique des couches qui renferment exclusivement des fossiles du lias, et en grand nombre ?

complet des couches, de manière à rendre inférieur ce qui primitivement était supérieur. D'après cette idée, les calcaires rouges n'occuperaient la place qu'on leur reconnaît aujourd'hui qu'après avoir décrit un angle de plus de 90°. M. Pilla, qui avoue (*loc. cit.*, p. 76) que les couches jura-liasiques de la Spezzia présentent des anomalies qui ne semblent pas s'accorder avec les circonstances ordinaires de leur gisement dans les autres localités de l'Italie, cherche à rendre compte de cette anomalie en considérant le golfe comme le produit d'une faille, et par conséquent comme une charnière autour de laquelle une portion des couches (les montagnes de la Coregna) aurait exécuté un mouvement de rotation qui lui aurait fait dépasser la verticale. Les calcaires gris qui limitent le golfe à l'O. trouveraient alors leur continuation dans les calcaires de même couleur qui se présentent de l'autre côté à l'E., et tout se trouverait rétabli dans son ordre naturel. Le calcaire rouge serait jurassique supérieur et le calcaire gris représenterait le lias. Mais en accordant à M. Pilla l'existence d'une faille qui aurait produit le dérangement supposé, il est nécessaire de reconnaître aussi au calcaire qui se montre des deux côtés du golfe, et dans lequel se serait ouverte la ligne de fracture, une puissance de plus de 2,500 mètres, en négligeant l'épaisseur du calcaire lui-même.

N'est-ce pas chose vraiment extraordinaire que l'accumulation de tant d'efforts pour bien asseoir la position contestée du calcaire rouge ammonitifère? Pour lui nier sa naissance liasique, on est obligé de méconnaître trois lois générales, les seules admises en géologie pour la détermination des terrains : la superposition, la discordance de stratification, et l'autorité des fossiles.

La superposition : en avançant que tout le massif de la Coregna a éprouvé un renversement complet; événement très rare et dont les annales de la science conservent un très petit nombre d'exemples ;

La discordance de stratification : en admettant que la discordance observée à Campiglia et aux monts Pisans, malgré la présence d'un banc intermédiaire de conglomérats, n'est qu'un fait exceptionnel et dont il ne faut tenir aucun compte ;

L'autorité des fossiles : en attribuant à l'étage supérieur jurassique des Ammonites incontestablement liasiques.

On voit qu'en admettant *à priori* que le calcaire rouge est jurassique supérieur, tous les faits *à posteriori* concourent pour détruire cette opinion. En lui accordant au contraire l'horizon dessiné par les fossiles, on s'appuie non seulement sur un argument de première valeur, mais encore cette classification concorde à merveille avec

sa position à la base de la formation jurassique, et avec sa discordance avec d'autres terrains.

M. Pilla ne me paraît pas plus heureux dans le choix d'une autre preuve qu'il voudrait attacher à son système, en faisant observer qu'à la Coregna le macigno est en contact avec les couches jurassiques les plus anciennes, suivant ma classification (calcaire rouge), au lieu de le voir s'appuyer sur les couches les plus récentes, comme sembleraient le commander les relations naturelles de sa position (*loco citato*, page 76).

Si le macigno constitue une formation indépendante, ainsi que je l'ai démontré dans mon mémoire sur les terrains stratifiés de la Toscane, y a-t-il lieu d'être surpris qu'à la Spezzia il repose transgressivement sur telle portion du terrain jurassique plutôt que sur telle autre? Ce fait a dépendu simplement du hasard; c'est-à-dire du relief qu'avait pris le terrain jurassique au moment où la mer déposait le macigno, et des points qu'elle a pu ensevelir. Au surplus la coupe de M. Pilla indique clairement le recouvrement transgressif des calcaires rouges par le macigno. En admettant avec cet observateur le renversement de la montagne de la Coregna, il est nécessaire d'admettre aussi que cet événement s'accomplit après ou avant le dépôt du macigno. Dans cette première hypothèse, comment le grès, par suite du renversement, ne supporte-t-il pas la formation jurassique tout entière, au lieu d'en recouvrir régulièrement une portion? Il devait se comporter par rapport aux couches oolitiques de la même manière que chaque étage jurassique se comporte par rapport à celui qui lui est immédiatement superposé; la charge entière de la montagne doit peser sur la couche la plus récente; et alors, comment le macigno, qui est la formation la plus moderne, s'est-il assis sur les schistes rouges, au lieu de les supporter? Si au contraire le renversement s'est opéré avant le dépôt de macigno, j'opposerai à M. Pilla son propre argument, et je lui demanderai : Comment le macigno a-t-il envahi les schistes rouges qui, suivant lui, représentent les parties les plus modernes du terrain jurassique, il est vrai, mais qui, par suite des phénomènes supposés, auront pris la position des couches les plus anciennes?

Cette réfutation m'amène naturellement à citer quelques points de la Toscane où le macigno vient se heurter directement contre des terrains plus anciens. Sur le revers de Monte-Calvi, entre Sasseta et Campiglia, en face du val del Giardino, on voit le macigno, après avoir recouvert en stratification discordante les calcaires et les schistes rouges, butter, sous un angle de 12 à 15°, contre les couches du calcaire saccharoïde inclinées de 65 à 70°. Les marbres

de Gerfalco, du Poggio della Croce, entre Massa et Monte-Rotondo, sont également entourés d'une ceinture de couches d'albérèse et de macigno, au-dessus desquelles ces deux montagnes s'élèvent majestueusement, en obligeant la formation crétacée de ramper pour ainsi dire à leurs pieds. Sous Capoliveri (île d'Elbe), le macigno recouvre transgressivement les schistes cristallins. Ces exemples, que l'on pourrait multiplier à l'infini, prouvent que le macigno, comme formation indépendante, a usé de son droit, en s'étendant sur toutes les autres formations antérieures. Sa position à la Spezzia ne peut donc être invoquée en faveur d'un renversement contre lequel protestent au contraire les circonstances mêmes de son gisement.

Ainsi, la présence de fossiles liasiques au sein des calcaires rouges, leur position à la base de toute la série jurassique, leur discordance, et par conséquent leur indépendance par rapport aux marbres blancs, tels sont les faits de première valeur qui nous ont guidé dans la classification des terrains stratifiés de la Toscane. Je ne saurais admettre que le caractère paléontologique fait défaut dans la région que nous décrivons; car dans l'ouvrage déjà mentionné de M. Pilla, et dans lequel la position des diverses formations de l'Italie est habilement discutée, nous voyons ce géologue se servir de la comparaison des fossiles, pour établir non seulement les divisions générales des terrains, mais encore pour subdiviser les formations en étages. C'est ainsi que, d'après les restes des corps organisés, il divise nettement son terrain tertiaire en trois étages distincts: la *Belemnites mucronatus* et le *Catillus Cuvieri* lui font reconnaître la craie blanche; les *Hippurites*, le grès vert; la *Chama ammonia*, le néocomien; l'*Encrinites liliformis* et la *Voltzia brevifolia*, le trias. La flore observée dans la Sardaigne et les *Spirifer* ainsi que les *Orthocères* lui ont dévoilé les terrains carbonifère et silurien. Quand, pour établir des divisions si nombreuses, l'auteur a recours à la paléontologie, je ne puis concevoir comment il a été assez injuste pour refuser à la phalange d'Ammonites liasiques qu'il détermine lui-même le droit de représenter le lias.

A Massazuccoli, dans le prolongement des montagnes Pisanes, aux schistes et aux calcaires rouges succèdent des calcaires gris de fumée avec silex que l'on retrouve pareillement sur les flancs septentrionaux du Monte-Calvi, et qui correspondent exactement au troisième groupe établi par M. de Collegno dans les terrains jurassiques des Alpes Lombardes. A Massazuccoli, on a ouvert des carrières dans un calcaire noirâtre très compacte, imprégné de

cargneules qui m'a paru se continuer jusqu'à Massa-Carrara et au Capo-Corvo en formant le bourrelet extérieur des Alpes Apuennes. Or, c'est ce même calcaire qui, au Capo-Corvo comme dans les alentours de San-Stefano, se lie par des alternances avec les marnes bariolées et avec les conglomérats quartzeux. Si le calcaire rouge qui nous a servi d'horizon appartient réellement au lias, et si le calcaire noirâtre passe, au lac de Côme, au Capo-Corvo et à San-Stefano, au système déjà mentionné d'anaginites et de marnes, pourquoi refuserait-on de reconnaître dans ce système le représentant du trias? Telle est l'opinion de la plupart des géologues italiens, de MM. Catullo, Curioni, Filippi, Pasini et Pareto, et j'avoue que tout ce que j'ai observé au cap Argentario me fait me ranger entièrement à leur avis. La coupe des falaises de Calapiatti m'a offert, à part les accidents de métamorphisme, les mêmes particularités que les marnes irisées du Var et les grès bigarrés du cap Garonne : or, dans ce département méridional de la France, à Belgoucier, à Cuers, à Draguignan par exemple, on voit les calcaires liasiques à *Ammonites Bucklandi* et *Spirifer Walcotii* passer par des alternances ménagées aux marnes irisées gypsifères, sans qu'il soit possible d'établir une ligne tranchée de démarcation. Si dans une contrée voisine le même calcaire liasique présente les mêmes rapports avec un système de marnes concordantes, je ne vois pas trop les bonnes raisons que l'on pourrait objecter aux géologues qui introduiraient ce système dans le trias. Ce qui n'est pas contesté sur un point, pourquoi le serait-il sur un autre? M. de Collegno, en plaçant les anaginites du lac de Côme dans la partie inférieure des terrains jurassiques, s'appuie sur la concordance de stratification des uns et des autres; mais on comprend que, si on généralisait cette méthode de classification sans assigner aux terrains les limites tracées par les changements minéralogiques, lorsque les fossiles manquent, il n'y aurait qu'à effacer immédiatement les marnes irisées dans le Var et en faire un étage du lias : de cette manière, on serait conduit à attribuer à des terrains métamorphiques une puissance qu'ils ne présentent jamais dans les contrées où ils se trouvent dans leur état originaire. Au surplus, la présence des trias dans la péninsule italienne n'est déjà plus un fait limité à une seule indication : M. de Buch vient de le signaler dans les Alpes Lombardes, aux environs de Saint-Pellegrin; et les traits de ressemblance entre la constitution géologique de l'Italie supérieure et celle de la Toscane sont trop frappants pour qu'on ne retrouve pas dans cette dernière les mêmes coupes et les mêmes horizons.

En rédigeant cette note, je n'avais d'autre but que de décrire le gisement gypseux du Capo-Argentario et de rectifier l'opinion que j'avais précédemment émise relativement à la succession des couches du Capo-Corvo; mais la discussion de l'âge et de la position de ce gypse m'a entraîné dans quelques détails que la publication du travail récent de mon savant ami M. Pilla a rendus nécessaires.

Je terminerai cet écrit par une dernière remarque. Dans mon travail sur les terrains stratifiés de la Toscane, j'établissais que les schistes cristallins, dans la vallée de Serravezza, étaient nettement séparés des calcaires saccharoïdes qu'ils supportaient, et que, quelque opinion que l'on eût sur l'âge des marbres blancs, on devait cependant considérer les schistes comme une formation indépendante. M. Pilla (*loco cit.*, pages 82, 95, 98) s'oppose à son tour à cette association. Il eût été à désirer que ce géologue donnât plus de développement aux observations qu'il a faites dans les Alpes Apuennes : son autorité eût contribué à fixer un peu mieux l'opinion sur la position controversée des schistes cristallins. Espérons qu'il livrera bientôt à la publicité les résultats auxquels il est parvenu à ce sujet, et dont son mémoire fait déjà pressentir la portée.

Séance du 2 mars 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Raulin, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

DE THIERRY (Ernest), propriétaire à Fismes (Marne), à Paris, rue du Faubourg-du-Roule, 68, présenté par MM. le Dr Bally et Michelin;

DE FRESNE (Marcellin), rue de Grammont, 17, à Paris, présenté par MM. Élie de Beaumont et de Verneuil.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. Hardouin Michelin, 1^o *Description des Laminopora contorta, Myriapora gracilis et Flabellum Lessonii* (extrait du *Magasin de zoologie, d'anatomie comparée et de paléontologie* de M. Guérin-Méneville); in-8^o, 3 p., 3 pl. Paris, 1842-1843.

2^o *Sur la philosophie minéralogique*, par D. Dolomieu; in-8^o, 128 p. Paris, 1801.

3^o *Journal des observations minéralogiques faites dans une partie des Vosges et de l'Alsace*, par M. de Sivry; in-8^o, 118 p. Nancy, 1782.

De la part de M. Virlet d'Aoust, 1^o *Mémoire sur les filons en général et le rôle qu'ils paraissent avoir joué dans les phénomènes du métamorphisme; Note sur les roches d'imbibition, etc.* (extrait du *Bull. de la Soc. géol.*, 2^e série, t. I^{er}, 1844); in-8^o, 38 p. Paris, 1844.

2^o *Notes sur quelques phénomènes de déplacements moléculaires qui se sont opérés dans les roches postérieurement à leur dépôt* (extrait du *Bull. de la Soc. géol.*, 2^e série, t. II, 1845); in-8^o, 24 p., 1 pl. Paris, 1845.

3^o *Notes sur la géographie ancienne et sur une dépression probable de l'Afrique septentrionale, celle du lac Melghigh* (extrait du *Bull. de la Soc. géol.*, 2^e série, t. II, p. 349. 1845); in-8^o, 8 p. Paris, 1845.

4^o *Note sur des filons de quartz éruptif situés au Pont-la-Terrasse, commune de Doisieu, département de la Loire*, par M. Drian (extrait des *Annales de la Soc. roy. d'agric., hist. natur. et arts utiles de Lyon*); in-8^o, 13 p. Lyon.

De la part de M. Eugène Robert, *Note sur un procédé destiné 1^o à mettre les ormes et les pommiers à haute tige à l'abri des insectes qui leur sont le plus nuisibles; 2^o et à augmenter l'accroissement en diamètre des arbres forestiers* (extrait des *Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XXII, séance du 9 février 1846).

Soc. géol., 2^e série, tome III.

De la part de M. Jules Marcou, *Note sur la formation kœupérienne dans le Jura salinois*; in-4°, 10 p. Salins, 1846.

De la part de M. le Dr Alex. Giraudet, *Description géognostique des environs de Vichy (Allier), et plus particulièrement du bassin au milieu duquel cette ville est située*; in-8°, 16 p. Tours.....

De la part de M. Dumont, *Tableaux synoptiques des coquilles et polypiers fossiles appartenant aux systèmes campinien, tongrien, bruxellien et landénien* (extrait du t. XVII des *Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers*); in-4°, 24 p. Bruxelles.

De la part de M. Escher de la Linth, 1° *Gebirgskunde*, etc. (Esquisse géologique du canton de Glaris); in-8°, 41 p., 2 cartes et une coupe. Zurich, 1845.

2° *Geognostische schilderung*, etc. (Description géognostique du canton de Zurich); in-8°, 25 p., une carte. Zurich, 1845.

3° *Bemerkungen*, etc. (Observations sur les glaciers naturelles et les cavernes à température très froide dans les Alpes suisses), par M. Ferdinand Keller; in-4°, 10 p. Zurich, 1839.

4° *Bemerkungen*, etc. (Observations sur les *Karrens* ou *Lapies* dans les montagnes calcaires), par M. Ferdinand Keller; in-4°, 12 p. Zurich, 1840.

De la part de M. Jean-Charles Freiesleben, 1° *Die sächsischen Erzgænge* (les filons de la Saxe); 1^{re} et 2^e partie, 2 vol. in-8°, 187-213 p. Freiberg, 1844.

2° *Magazin*, etc. (Magasin minéralogique de la Saxe); 11^e cahier, in-8°, 198 p. Freiberg, 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1846, 1^{er} semestre, t. XXII, nos 7 et 8.

Annales des mines, 4^e série, t. VII, 3^e et 4^e livraison de 1845.

L'Institut, 1846, nos 633 et 634.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} semestre, nos 14 à 17.

The Athenæum, 1846, nos 956 et 957.

The Mining Journal, 1846, nos 548 et 549.

El Pensamiento de la nacion, 1846, n° 107.

M. Michelin présente des cailloux de pyroméride qu'il croit avoir de l'analogie avec les corps empâtés dans le granite, que M. Virlet considère comme des psarolithes.

M. Virlet répond qu'il n'admet pas cette analogie; il fait ensuite la communication suivante :

Notes sur la coloration de certaines roches en rouge,
par M. Virlet d'Aoust.

J'ai déjà annoncé d'une manière générale (*Bull.*, 2^e sér. t. II, p. 392) que je regardais la coloration en rouge des grès, des calcaires, etc., comme n'étant qu'un phénomène accidentel, dû à la pénétration de ces roches par des émanations ferrugineuses. Depuis, M. Fournet a fait paraître dans les *Annales agricoles de Lyon* un Mémoire très intéressant *sur la rubéfaction et la rouille des minerais et des roches*, où, partant d'un autre principe, il cherche à expliquer le phénomène de la coloration en rouge et en jaune par la transformation chimique que les substances minérales et les roches plus ou moins ferrugineuses subissent sous l'action des influences atmosphériques, et, par suite, de ce qu'il appelle la *peroxydation hydratée et anhydre* du fer.

Tout en admettant, avec M. Fournet, que les couleurs rubigineuses ou jaune de rouille qui affectent certains granites, certaines roches feldspathiques plus ou moins kaolinisées, et les autres roches qu'il cite à l'appui, puissent être, en effet, dues au changement d'état du fer contenu originairement dans ces roches, par suite des influences atmosphériques, je crois qu'il faudrait bien se garder de généraliser trop ce fait, parce qu'on serait exposé à tomber dans de graves erreurs par rapport à d'autres roches dont la coloration en rouge est certainement le résultat de phénomènes d'un autre ordre. Je désignerai celle-ci sous le nom de *rubéfaction* ou *coloration ignée*, parce que je la crois directement produite par des émanations et des pénétrations ferrugineuses qui se lient aux dislocations et aux modifications que les roches qui en ont été affectées ont toujours plus ou moins subies postérieurement à leur formation.

Calcaires.— Les calcaires jurassiques du département de Saône-et-Loire ont éprouvé sur beaucoup de points cette rubéfaction ignée, et notamment aux environs de Tournus et de Givry. La

dernière de ces petites villes est située à 2 lieues O. de Châlons, à la limite occidentale du grand bassin tertiaire de la Bresse (1). Elle est assise vers sa partie orientale sur des calcaires jurassiques de l'étage de la Grande Oolithe, lesquels inclinent d'une manière presque insensible vers la plaine; on peut donc les considérer comme étant là dans leur position normale. Et ce qui, indépendamment de leur presque horizontalité, semblerait encore l'annoncer, c'est que ces calcaires à fines oolithes n'ont éprouvé aucune modification sensible, et qu'ils ont conservé leur grande blancheur et leur texture un peu tufacée originelles. Vers la partie occidentale de la ville, on les voit au contraire se relever un peu vers l'O., se modifier très sensiblement, puis devenir de plus en plus accidentés, et se redresser enfin assez fortement pour former la montagne de Givry, terminée par le plateau des *Chaumes*, élevé de plus de 200 mètres au-dessus du sol de la ville. A l'O., ce plateau se termine par un escarpement très abrupte, où l'on peut reconnaître les formations inférieures à la Grande Oolithe, comme les Lias, les Marnes irisées avec gypses et les grès keupériens qui en forment la base. La vallée formée par cet escarpement ou fracture (2) est bornée à l'O. par le Montabon, montagne toute composée de granite rose, qui me paraît être le résultat de la *sur-modification* de la bande gneissique qui s'étend de ce point vers le S.-O. jusqu'au-delà du mont Saint-Vincent, et sur laquelle sont venues s'appuyer parallèlement la

(1) La circonscription géologique se trouve ici en désaccord avec la circonscription géographique, qui limite le pays de Bresse à la rive gauche de la Saône, tandis que, géologiquement, toute la plaine qui s'étend le long de la rive droite de cette rivière, depuis Chagny et au-delà jusqu'à Tournus, appartient bien évidemment au *bassin bressan*.

(2) Cette fracture semble se rattacher à une grande ligne de direction N. 30° E., qui se développe sur une étendue de plus de 30 myriamètres (75 lieues), et commence entre Cluny et Charolles, pour aller finir dans la Meurthe, à un myriamètre au-delà de Delme, en passant par Chagny, Dijon et Nancy. Elle s'accuse, comme on peut le vérifier sur la carte géologique de MM. Élie de Beaumont et Dufrenoy, par la ligne d'affleurement ou plutôt de relèvement de la Grande Oolithe et par des *abruptes* tantôt à droite, tantôt à gauche. Ce système de direction, qui diffère de 20° avec le système de la Côte-d'Or (O. 40° S.), me paraîtrait, en raison de sa grande étendue, digne d'être étudié dans son ensemble, afin de s'assurer s'il n'appartiendrait pas à un système de ruptures qui n'aurait pas encore été classé, ou si ce n'est qu'une simple modification du système de la Côte-d'Or.

formation houillère du bassin de Blâzzy et celle du grès bigarré qui recouvre en partie cette dernière formation.

Si, comme je viens de le dire, les calcaires du bas de Givry ont été peu modifiés, il n'en est pas de même dans la montagne, où ils ont éprouvé des modifications d'autant plus prononcées qu'ils se rapprochent plus de la grande fracture que je viens également de signaler. La structure oolithique y a en partie disparu, pour faire place à une structure compacte et subsaccharoïde. Ils sont devenus secs, très durs, cassants; sur quelques points, on y observe de petits filons de fer oxydé, d'où partent des zones rubigineuses qui s'étendent plus ou moins dans la roche et lui communiquent des nuances violacées très agréables. En un mot, tous les calcaires de cette montagne présentent, comme ceux de toutes les parties disloquées des environs, tous les caractères d'un métamorphisme bien prononcé.

C'est près de la ville même, et sur la route de Chagny, que le phénomène de la rubéfaction se montre avec un développement considérable. Plusieurs carrières ayant été ouvertes sur les calcaires rouges et lie de vin qui en résultent, on peut y étudier le phénomène dans tous ses détails. On y reconnaît que les pénétrations ferreuses se sont principalement faites latéralement et suivant le plan des couches; elles donnent ainsi lieu à des zones parallèles, différemment nuancées, c'est-à-dire qu'elles sont plus ou moins pénétrées de fer, circonstance qui paraît coïncider avec leur plus ou moins de porosité originale. Sur quelques points on remarque des zones qui sont tellement chargées de fer, qu'on les prendrait facilement pour du minerai, tandis qu'ailleurs, en suivant d'autres zones dans le sens de leur étendue, on voit leur teinte rouge aller parfois en se dégradant jusqu'au point où, le fer ayant cessé de pénétrer, la roche a conservé sa couleur normale. Les lignes de fissures stylolithiques sont naturellement aussi plus chargées de fer, ce qui indique qu'elles sont antérieures à sa pénétration. Toutes les parties compactes et spathiques ont plus ou moins échappé à cette pénétration; il en est de même des oolithes, que l'on voit entourées, mais non pénétrées par l'oxyde de fer. Cette circonstance est surtout remarquable dans des oolithes nodulaires provenant de Préty près Tournus, que j'ai eu occasion de voir dans la collection de M. Canat. Ces grosses oolithes n'étant pas pénétrées, ou l'étant beaucoup moins que la masse enveloppante, communiquent à l'ensemble de la roche une marbrure toute particulière qui serait d'un très bel effet au poli. Du reste, tous ces calcaires rouges, qui ne sont exploités que comme simple pierre à

bâtir, seraient également susceptibles de fournir sur plusieurs points d'assez belles variétés de marbre.

Calcaires fleur-de-pêcher des environs de Dijon. — Une partie des monuments de Dijon, l'église de Sainte-Bénigne entre autres, sont bâtis avec des calcaires oolithiques également nuancés de belles teintes rouges fleur-de-pêcher, et quoique plusieurs de ces constructions soient fort anciennes, il est aisé de reconnaître que les agents atmosphériques n'ont exercé aucune espèce d'action sur ces rubéfactions, qui n'ont d'ailleurs aucun des caractères de celles signalées par M. Fournet.

M. Léon Nodot, conservateur du musée d'histoire naturelle de la ville, auquel je parlais de ces calcaires, me dit qu'il s'était formé à leur égard une opinion analogue à la mienne. Je suis allé voir des calcaires rouges qu'on exploite pour moellons, dans les montagnes au S.-O. du village de Plombières, situé à environ une lieue et demie de Dijon, et j'y ai observé un autre genre de rubéfaction dont l'origine ou du moins le mode de distribution n'est pas très facile à expliquer; elle consiste en zones concentriques, portant ou des fissures ou des lignes de sutures stylolithiques et revenant y aboutir, comme si des courants circulaires ou elliptiques avaient entraîné les molécules ferreuses dans leur marche sinueuse et contournée à travers les bancs calcaires. D'autres fois ce sont des zones droites de 1 à 2 centimètres de largeur, en forme de rubans, qui traversent perpendiculairement, sans être ni déviées ni interrompues, une série de couches et leurs lignes de stylolithes, dont quelques unes sont remplies d'hydrate jaune, en sorte que ces zones rubéfiées ne paraissent s'être formées que postérieurement à la pénétration des calcaires par l'hydrate de fer. Les calcaires à couches minces des environs de Châlons, qu'on désigne sous le nom de *taves panachées* ou *rubannées*, présentent aussi cette rubéfaction à zones concentriques, beaucoup plus ordinaire aux roches qui ont été soumises à l'action d'une très forte chaleur, comme, par exemple, on le remarque dans les argiles et les grès houillers rubéfiés et porcelanisés par des incendies souterrains, comme je l'ai observé dans les trachytes injectés au milieu des schistes anciens de l'île de Skyros, et aussi d'une manière extrêmement remarquable dans les grès jaspés, puis transformés en porphyres trachytiques d'Imbros, l'une des îles de la Thrace.

Ainsi l'on voit que, suivant les circonstances, plusieurs causes ont pu concourir à la rubéfaction des roches, qui, du reste, paraît parfois fort ancienne, puisque j'ai vu dans des carrières voisines

de la ville de Dijon les parties rubigineuses interrompues et traversées par des filons spathiques, évidemment d'une époque postérieure (1).

Calcareo-rosso des Italiens. — Les calcaires rouges d'Italie, sur l'âge desquels les géologues du pays ne sont pas encore bien d'accord, les uns voulant qu'ils soient jurassiques, les autres qu'ils appartiennent à la craie, me paraissent bien dus à des accidents de rubéfaction analogues à ceux qui ont affecté une partie des calcaires de la Bourgogne. Ils font voir les graves inconvénients qui peuvent résulter de l'emploi trop exclusif des caractères minéralogiques dans le classement des roches; car il est probable que les différences d'opinion sur ces calcaires rouges tiennent à ce que l'on s'est habitué à regarder comme appartenant à une seule et même formation des roches minéralogiquement semblables sans doute, mais probablement très différentes sous le rapport géologique. En effet, les *calcareo-rosso*, ainsi que l'a fort bien fait voir M. de Collegno dans son *Mémoire sur les Alpes Lombardes* (2), appartiennent à la fois aux formations jurassique et crayeuse, et nos collègues MM. Michelin, Bourjot, Viquesnel, de Pinteville, etc., qui assistaient en 1844 au congrès de Milan, ont pu constater que les calcaires rouges de Varèse devaient, d'après leurs fossiles, être rangés dans le terrain de craie.

Grès rubigineux. — La bande de grès bigarré qui est désignée dans le département de Saône-et-Loire sous le nom de *terrain rouge*, et qui s'étend en gisement transgressif sur le terrain houiller depuis Saint-Léger-sur-Dheune jusqu'à Saint-Agnan-sur-Loire, doit aussi sa coloration en rouge à des pénétrations ferreuses postérieures à son dépôt. En effet, si cette coloration était due à une simple peroxydation anhydre du fer qui aurait pu être originellement contenu dans ce terrain, en général extrêmement perméable, cette rubéfaction inégale, souvent si bizarre, qui lui a valu son nom générique de *grès bigarré*, devrait être à peu près uniforme dans tous les lieux où il a été soumis aux mêmes influences météoriques, tandis qu'il y a beaucoup de localités où il a complètement échappé à la rubéfaction. Le fer d'ailleurs a pénétré plus ou moins abondamment sur certains points que sur d'autres,

(1) J'ai observé près de là, dans la carrière de M. Béraud, à Plantemère, des stylolithes extrêmement remarquables par leurs dimensions. Elles ont 5 et 6 pouces, et souvent même jusqu'à un pied de hauteur; elles ressemblent à de véritables prismes striés bacillaires.

(2) *Bull.*, 2^e sér., t. I^{er}, p. 95 et 99.

et y a peut-être contribué à une modification plus avancée des roches ; c'est ainsi qu'aux environs de Digoïn, où elles sont plus ferrugineuses, à Morillon par exemple, elles ont éprouvé une modification tout-à-fait analogue à celle des arkoses chromifères des Éeouchets, c'est-à-dire qu'elles y sont devenues, comme dans cette localité, très dures, très compactes, et y ont acquis une structure tout-à-fait fragmentaire : aussi y fournissent-elles d'excellentes pierres à bâtir, tandis que presque partout ailleurs ce terrain se trouve à peine agrégé.

Dans le département de l'Allier, des colorations rubigineuses analogues se sont développées dans quelques localités et ont affecté plusieurs terrains : tels sont les grès houillers de Liernolles et de Coulandon, et les grès keupériens de Bourbon-l'Archambault. Les grès des carrières de Montaret, commune de Coulandon, situées à 7 kilomètres à l'O. de Moulins, qu'elles alimentent en grande partie de pierres de construction, n'ont pas complètement subi, comme ceux de Liernolles, la rubéfaction ferrugineuse ; ils ont conservé dans plusieurs carrières leur couleur normale ; mais dans celle de M. Bona, également commeneée dans les grès non colorés, on les voit prendre des teintes lie de vin de plus en plus intenses, à mesure que les travaux avancent et s'enfoncent à l'O., c'est-à-dire qu'ils se rapprochent des porphyres quartzifères, sur lesquels ils vont s'appuyer non loin de là. Les émanations ferrugineuses paraissent, en effet, avoir pénétré d'abord à travers les fissures du porphyre, qui en a lui-même été un peu rubéfié, et s'être introduites ensuite latéralement à travers les grès et les argiles, où, suivant le degré de perméabilité des zones, il a pénétré plus ou moins avant et de manière à produire une coloration rouge qui se termine dans le terrain par une espèce de ligne brisée en zigzag. Ce phénomène paraît se lier avec l'existence de filons de fer hydraté compacte qui existent près de là au milieu des granites ; et M. J. Guillemin, en signalant ces filons, dont la teneur en fer est de 40 à 55 pour 100 de fer, avait, en quelque sorte, déjà entrevu cette pénétration latérale à laquelle leur surgissement a donné lieu, quand il dit que ce minerai de fer se trouve comme infiltré en petits amas au milieu du granite (1).

Il arrive quelquefois que les grès, comme ceux de la carrière des Brillettes, près Bourbon-l'Archambault, parfois nuancés de si

(1) *Notice sur le terrain houiller de Fins*, insérée dans le n° 4 (1827) de la *Correspondance des élèves de l'École des mineurs de Saint-Étienne*.

belles teintes roses, présentent dans les fissures et dans les cavités des veinules et des amas de fer, et que certaines zones très chargées de fer deviennent un véritable minéral. M. Boulanger, dans sa *Statistique géologique et minéralurgique*, dit qu'en effet on a exploité pendant quelque temps de ces grès ferrugineux, et qu'ils ne contenaient pas moins de 34 pour 100 de fer.

Porphyres rouges quartzifères. — Le porphyre rouge qu'on exploite pour moellons et pour l'entretien du macadamisage des routes au Bois-de-Raug et à Lay près Roanne, doit bien certainement, comme celui de Montaret, aussi exploité pour les mêmes usages, sa coloration en rouge à des pénétrations ferreuses qui ont laissé un enduit d'oxyde rouge sur toutes les surfaces des fissures de fendillement. Quoique je n'aie pas eu occasion de pouvoir étudier le porphyre de Lay en place, il m'a paru offrir tous les caractères d'un vrai porphyre métamorphique. Il a, en effet, tout-à-fait l'aspect des arkoses modifiées du grès bigarré des Écouchets et de Morillon, et j'y ai reconnu, comme dans celles-ci, des noyaux de différentes roches étrangères encore fort reconnaissables.

Terres végétales rubéfiées. — Si je voulais poursuivre plus loin mes investigations, il serait facile de trouver jusque dans les terrains tertiaires des colorations dont l'origine est analogue. Mais, en me bornant à rappeler l'horizon rouge signalé à l'occasion des grès du Grosmont (*Bull.*, 2^e sér., t. II, pages 689 et 697), j'ajouterai seulement que j'ai depuis longtemps tout lieu de croire que la coloration en rouge, si remarquable par place, de certaines terres végétales elles-mêmes, particulièrement de celles qui recouvrent les calcaires jurassiques ou crayeux soit en Bourgogne, soit dans le midi, soit dans les Apennins ou en Grèce, etc., a pour cause des phénomènes très récents tout-à-fait identiques; car, si cette rubéfaction, parfois si intense, qu'elle passe au brun, était seulement due au fer contenu originairement dans la terre végétale, elle serait à peu près uniforme partout, tandis que la rubéfaction que je signale ici ne se montre, comme sur les chaumes de Givry, que par place, et forme, pour ainsi dire, des espèces de taches circonscrites à la surface du sol.

En résumé, je crois qu'en partant de ces données, on peut bien admettre, sans trop de témérité, que la coloration des terrains triasiques, permians et dévonien, etc., est en général due à des rubéfactions ignées. Je n'ai pas du reste, en admettant cette opinion, la prétention de la donner comme tout-à-fait neuve, mais j'ai seulement cherché, en l'appuyant sur un certain nombre de faits qui me paraissent assez bien démontrés, à lui donner un peu

plus de consistance et à la faire sortir du domaine des simples hypothèses; car M. Boué, en résumant les différentes opinions admises à ce sujet, dit que quelques géologues ont supposé que les colorations accidentelles sont dues à une imprégnation par infiltration des matières tenues en dissolution ou en suspension dans un liquide baignant la roche colorée; que d'autres l'attribuent au voisinage et à l'action de certaines masses ignées, ou bien encore à des émanations ou sublimations de fer, de manganèse ou de toute autre substance (1). M. d'Omalus d'Halloy, de son côté, a dit quelque part dans son *Manuel de géologie* que des émanations ferrugineuses avaient eu lieu à différentes époques, mais qu'elles ne paraissaient pas s'être manifestées d'une manière aussi générale qu'à l'époque pénéenne. Enfin M. Gressly, dans ses observations sur le Jura Soleurois (2), admet aussi que les couleurs générales qu'affectent les dépôts argileux et ferrifères composant son *terrain sidérolithique* ou de minerai de fer en grain (*Bohnerz*) ont ainsi que ce minerai une origine plutonique.

Je ne terminerai pas sans signaler un fait qui m'a depuis longtemps frappé; je veux parler de l'influence incontestable qu'exerce le phénomène de la coloration des roches sur les goûts et les habitudes de certaines localités: ainsi, pendant qu'à Paris et dans ses environs, la couleur habituelle des badigeons est le *jaune-paille*, couleur ordinaire du calcaire grossier parisien; qu'aux environs de Digoin et dans une partie du Charolais (Saône-et-Loire), et qu'aux environs de Sedan (Ardennes), c'est le *jaune d'ochre foncé* qu'on a adopté pour badigeonner les maisons, parce que les calcaires jurassiques de ces contrées ont cette même teinte; qu'à Besançon c'est au contraire les *couleurs grisailles* qui ont été adoptées à cause de la couleur gris-bleuâtre prédominante de l'Oxford-clay et autres étages jurassiques; il est curieux de voir qu'aux environs de Dijon, une grande partie des maisons de campagne sont badigeonnées en rouge fleur-de-pêcher, tout-à-fait semblable aux nuances que je signalais précédemment pour les calcaires de la contrée. Je me bornerai aux faits qui précèdent, quoiqu'il me serait facile d'en citer beaucoup d'autres, lesquels m'ont souvent servi à reconnaître *à priori* la couleur dominante des matériaux de construction de certaines localités. Ces faits, assez simples à expliquer, mais dont probablement les habitants ne se rendent pas

(1) *Guide du géologue voyageur*, t. I^{er}, p. 483, et t. II, p. 467.

(2) *Nouveaux mémoires de la Société helvétique pour 1844*.

compte, sont une preuve de l'influence incontestable que la configuration topographique et la nature des matériaux d'un pays exercent certainement sur la constitution, les habitudes, le goût et même le caractère des peuples qui l'habitent.

J'ajouterai, pour répondre aux questions qui m'ont été adressées relativement à l'état auquel je suppose que le fer a surgi, que je ne vois aucune difficulté à admettre que le fer ait fait éruption à l'état d'oxyde et d'hydroxyde; les veinules et les filons m'ont généralement paru au même état que le fer colorant les roches avec lesquelles ils sont en rapport; enfin, je suppose que la coloration en rouge fleur-de-pêcher des calcaires des environs de Dijon et de Lucy-le-Bois, près Avallon, est due à du silicate de fer. Au surplus, il faut bien que les géologues s'habituent à voir dans tous les oxydes, et même dans l'hydroxyde de fer, des substances qui peuvent être tout aussi plutoniques que les carbonates, les sulfures, les hydrosilicates zéolithiques, que les serpentines elles-mêmes, qui ne sont aussi que des hydrosilicates de magnésie, et dont cependant l'origine plutonique n'est aujourd'hui contestée par personne.

Sans parler des oxydes de fer anhydres, dont on semble moins vouloir contester la plutonicité, un grand nombre de faits prouvent que si les hydrates de fer ont en général une origine aqueuse, il y en a aussi qui ont évidemment une origine ignée, ce qui semble tout d'abord contraire aux expériences de laboratoire, qui nous font voir avec quelle facilité, sous l'influence d'une chaleur assez faible, les hydrates de fer passent à l'état d'oxyde anhydre; mais la nature avait, pour produire les hydrates plutoniques, la pression et probablement encore d'autres causes qui nous sont inconnues, et dont nous ne tenons pas assez compte pour pouvoir conclure de nos expériences aux phénomènes géologiques.

Comme en pareille matière les faits sont toujours beaucoup plus concluants que les hypothèses, je crois devoir en rappeler ici deux qui m'ont paru tout-à-fait démonstratifs. Le premier se rapporte à des filons très curieux d'*hydrate de fer et de barytine* que j'ai observés au sommet du Mavrospilia, petite montagne isolée et en grès de l'île de Mycone, dans l'archipel Grec. Ces filons, où les deux substances constituantes sont tellement enchevêtrées qu'il est impossible de pouvoir leur supposer une origine différente, ont donné lieu à un véritable épanchement, à une coulée d'hydrate, sur les flancs de la montagne, qui se trouve ainsi terminée par une espèce de calotte de fer. Le second fait consiste en amas non moins curieux de *fer oxydé hydraté magnétique*, offrant intérieurement la structure oolithique de certains minerais limoneux

en grains, et extérieurement la structure prismatique des basaltes. Ces amas singuliers existent au milieu des roches ophiolithiques de l'île de Skyros, l'une des Sporades septentrionales, et leur origine plutonique ne peut pas plus être contestée que celle des roches qui les renferment avec d'autres amas de fer chromé à structure granuliforme (1).

M. d'Archiac fait la communication suivante :

Rapport sur les fossiles du poudingue nervien (tourtia), légués à la Société géologique par M. Lèveillé.

Le 18 mars 1839, la Société reçut le legs que lui avait fait M. Lèveillé d'une collection de fossiles comprenant 840 échantillons qui provenaient de diverses parties de la France, et avaient été recueillis dans divers terrains. M. Michelin, en la présentant, indiqua sommairement les principaux genres auxquels ces corps organisés appartenaient (2). Plus tard, M. le marquis de Roys, chargé comme archiviste de l'arrangement des collections, fut frappé des caractères remarquables et du bel état de conservation de la plupart des espèces trouvées par M. Lèveillé dans la couche crayeuse qui, sur les frontières de France et de Belgique, repose sans intermédiaire sur les systèmes carbonifère ou plus anciens, et qui est connue des ouvriers mineurs sous le nom de *turtia* : aussi, en reprenant, il y a peu de temps, les fonctions d'archiviste par intérim, M. de Roys crut-il devoir appeler l'attention de la Société sur cette partie de la collection de M. Lèveillé.

A cet effet, il nous pria d'étudier cette série de corps organisés, pour déterminer les espèces déjà connues et indiquer celles qui pouvaient être nouvelles dans la science. Cet examen est venu confirmer de tous points les prévisions de M. de Roys, en constatant que plus de la moitié des espèces était, jusqu'à présent, propre à cette couche crayeuse et qu'elles n'avaient encore été ni décrites ni figurées (3).

(1) *Expédition scientifique de Morée*, partie géologique et minéralogique, p. 54 et suiv., et 238. Voir aussi la coupe 3, pl. IX de la 2^e série de l'*Atlas*.

(2) *Bull.*, tome X, page 148.

(3) Pour rendre un juste hommage au souvenir de notre zélé confrère, le Conseil de la Société a décidé, dans la séance du 16 mars, que la description de ces fossiles ferait l'objet d'une publication particulière, qui sera insérée dans la 2^e partie du tome II de ses *Mémoires*.

Le poudingue appelé tourtia occupe, dans le Hainaut et une portion de la Flandre française, une surface souterraine représentée à peu près par le territoire des anciens *Nerviens*, peuple de la seconde Belgique sous la domination romaine, ce qui nous fait proposer le nom de *poudingue nervien* pour cette petite couche, si remarquable à la fois par son étendue, ses caractères minéralogiques, sa position, et par la faune qui vivait sur ce point lors de sa formation. Déjà nous avons cherché à déterminer l'âge du poudingue nervien, d'abord en 1839 (1), mais plus particulièrement dans un mémoire dont l'impression vient d'être terminée, et qui a été communiqué à la Société au commencement de 1845. Il ne nous reste donc qu'à donner ici la liste des espèces, telle qu'un premier examen nous a permis de l'établir, remettant au travail spécial qui sera publié ultérieurement tous les développements que le sujet comporte.

Pour rendre cette liste plus complète, nous y avons compris 24 espèces qui ne se trouvent point dans la collection de M. Léveillé, mais qui, provenant aussi de la même couche, ont été offertes à la Société par M. Michelin dans la séance du 16 novembre 1840; enfin, nous y avons joint la liste des polypiers que M. Michelin possède dans sa collection et dont il a bien voulu donner les noms.

Ainsi composée, notre liste renferme 186 espèces, dont 178 sont déterminées et 8 n'ont pu l'être, à cause du mauvais état des échantillons. Sur ces 178 espèces, 15 se trouvent dans le groupe supérieur de la formation ou groupe de craie blanche, 30 dans celui de la craie tufau, 37 dans celui du grès vert ou du gault, et 21 dans le groupe inférieur, comprenant le *lower green sand* et les couches néocomiennes; enfin 99, ou plus de la moitié, sont nouvelles et jusqu'à présent propres au poudingue nervien.

Si des 79 espèces déjà connues, et qui se représentent dans les divers groupes de la formation crétacée, on retranche 23 espèces communes à la fois à plusieurs de ces groupes, les 56 qui restent se trouvent réparties de la manière suivante: 9 dans le premier groupe, 21 dans le second, 19 dans le troisième et 12 dans le quatrième; si enfin on recherche l'importance réelle de ces espèces communes au poudingue nervien et à divers groupes de la formation crétacée, on verra que cette faune, dont les chiffres n'ont d'ailleurs ici rien d'absolu, confirme ce que nous avons déduit des considérations géologiques, toujours beaucoup plus précises, savoir,

(1) *Mém. de la Soc. géol.*, tome III, page 280.

la non-existence du troisième groupe, et à plus forte raison du quatrième, au-delà de l'axe de l'Artois. Cette faune présente, en outre, les caractères d'une faune locale qui se serait développée, immédiatement après la période du grès vert et du gault, dans l'espace circonscrit dont nous avons cherché ailleurs à déterminer les limites.

LISTE DES FOSSILES DU POUDINGUE NERVIEN (1).

POLYPIERS.

* <i>Turbinolia conulus</i> , Mich. (<i>Caryophyllia</i> , id., Phil.)	<i>Cellepora</i> (indét.)
<i>Astrea agaricites</i> , Gold. (<i>A. media</i> , Sow., <i>Trans. géol. Soc. Lond.</i> , 2 ^e sér., t. III).	* <i>Thalamopora siphonioides</i> , Mich.
— <i>Delcrosiana</i> , Mich.	* <i>Chætetes lobatus</i> , id.
* — <i>reticulata</i> , var. <i>minor</i> , Gold.	* <i>Discopora reticulata</i> , Roem.
* — <i>velamentosa</i> , id.	<i>Flustra</i> (indét.)
<i>Ceriopora cæspitosa</i> , Roem.	* <i>Alecto granulata</i> , Mil. Ed.
* — <i>labyrinthica</i> , Mich.	* <i>Spongia boletiformis</i> , Mich.
* — <i>mamillosa</i> , Roem.	* — <i>peziza</i> , id. (<i>Manon</i> id., Gold.)
* <i>Pustulopora pustulosa</i> , de Blainv. (<i>Ceriopora</i> id., Gold.)	* <i>Ventriculites radiatus</i> , Mant. ?
	* Indét.
	* Indét.

RADIAIRES.

Echinodermes.

<i>Holaster nodulosus</i> , Ag. (<i>Spatangus</i> id., Gold.)	<i>Galerites subspheroidalis</i> , n. sp.
<i>Catopygus columbarius</i> , Ag.	<i>Discoidea subuculus</i> , Ag. (<i>Galerites rotularis</i> , Lam.)
<i>Pygurus pulvinatus</i> , n. sp.	<i>Salenia rugosa</i> , n. sp.
<i>Pyrina Desmoulinsii</i> , n. sp.	<i>Codiopsis doma</i> , Ag.

(1) Dans cette liste n'ont pas été compris la *Pholadomya Esmarkii* (*Cardita* id., Nils.), des Cucullées, et beaucoup d'autres fossiles de la couche glauconieuse de Cherk et des environs de Tournay, parce qu'il ne nous paraît pas certain que celle-ci soit du même âge que le poudingue. Peut-être appartiendrait-elle à l'époque des *dièves* et des marnes crayeuses de Bruxelles, d'Autrepepe, etc. C'est de cet étage que nous semble provenir aussi un fragment roulé d'Hippurite qui a été signalé par M. Michelin.

Les espèces précédées d'un *, sont celles dont M. Michelin a remis la liste, et qui ne se trouvent pas dans les collections de la Société. Celles précédées de ** ont au contraire été données par lui à la Société.

*Stellérides.**Pentacrinites Buchii*, Roem. ??

ANNÉLIDES.

* <i>Serpula cincta</i> , Gold.	** — indét.
— <i>sulcataria</i> , n. sp.	

MOLLUSQUES.

*Cirrhipèdes.**Pollicipes maximus*, Sow. ?*Conchifères dimyaires.*

<i>Fistulana</i> , indét.	<i>Astarte incerta</i> , n. sp.
** <i>Panopœa plicata</i> , Sow.	<i>Venus Labadyei</i> , n. sp.
<i>Pholadomya gigas</i> , d'Orb. (<i>Pachymya</i> id., Sow.)	<i>Cardium hypericum</i> , n. sp.
** <i>Lyonsia carinifera</i> , id. (<i>Lutaria</i> id., Sow.)	** — <i>Michelini</i> , n. sp.
<i>Crassatella quadrata</i> , n. sp.	** — <i>productum</i> . Sow.? (<i>Trans. géol. Soc. Lond.</i> , 2 ^e sér., t. III).
— <i>subgibbosula</i> , n. sp.	<i>Opis annoniensis</i> , n. sp.
— <i>trapezoidalis</i> , Roem.	<i>Isocardia Orbignyana</i> , n. sp.
<i>Corbula elegans</i> , d'Orb. (non Sow.)	** <i>Arca Carteroni</i> , d'Orb.
** <i>Corbis cordiformis</i> , d'Orb. (<i>Venus</i> id., Desh. in Leym.)	— <i>Galliennei</i> , id.
<i>Astarte cyprinoides</i> , n. sp.	** — <i>subdinnensis</i> , id.
— <i>oblongata</i> , Desh. in Leym.	** — <i>inscripta</i> , n. sp.
— <i>Koninckii</i> , n. sp.	<i>Pectunculus subpulvinatus</i> , n. sp.
	<i>Trigonia sulcataria</i> , Lam. ?

Conchifères monomyaires.

<i>Mytilus clathratus</i> , n. sp.	** <i>Lima resecta</i> , n. sp.
— <i>imbricatus</i> . (<i>Modiola</i> id., Sow.)	— <i>subovalis</i> , var. Sow. (<i>Trans. géol. Soc. Lond.</i> 2 ^e sér., t. IV.
— <i>lineatus</i> , d'Orb. (<i>Modiola</i> id., Sow., <i>Trans. géol. Soc. Lond.</i> , 2 ^e sér., t. IV.)	** <i>Pecten annoniensis</i> , n. sp.
— <i>tornacensis</i> , n. sp.	— <i>Brongniarti</i> , n. sp.
<i>Lithodomus pyriformis</i> , n. sp.	— <i>cretosus</i> , Al. Brong. (<i>P. nitidus</i> , Sow.?).
** <i>Myoconcha cretacea</i> , d'Orb.?	** — <i>Puzozii</i> , Math., var.?
** <i>Inoceramus? mytiloides</i> , Sow??	— <i>quadricostatus</i> , Sow. Gold
** <i>Lima pennata</i> , n. sp.	— <i>squamifer</i> , Gein.
— <i>rectangularis</i> , n. sp.	— <i>subdepressus</i> , n. sp.
— <i>Reichenbachii</i> , Gein.	** — <i>subinterstriatus</i> , n. sp.

- | | |
|--|--|
| <p><i>Spondylus capillatus</i>, n. sp.
 — <i>duplicatus</i>, Gold.
 — <i>Omalii</i>, n. sp.
 <i>Ostrea bracteola</i>, n. sp.
 — <i>carinata</i>, Lam.
 ** — <i>diluviana</i>, id.
 ** — <i>vasculum</i>, n. sp.
 <i>Exogyra haliotoidea</i>, Gold.</p> | <p>** <i>Exogyra recurvata</i> (<i>Gryphæa</i>,
 id., Sow., <i>E. columba</i>,
 var. <i>minima</i>), un seul
 échantillon roulé.
 — <i>sinuata</i> (<i>Gryphæa</i>, id.,
 Sow.), un seul échantillon
 très roulé et à peine recon-
 naissable.</p> |
|--|--|

Brachiopodes.

- | | |
|--|---|
| <p><i>Terebratula nerviensis</i>, n. sp.
 — id. var. <i>a</i>.
 — id. var. <i>b</i>.
 — id. var. <i>c</i>.
 — id. var. <i>d</i>, figurée par M.
 Roemer, pl. 7, fig. 6,
 sous le nom de <i>T. longi-</i>
 <i>rostris</i>, var. Nils.
 — id. var. <i>e</i>.
 — id. var. <i>f</i>.
 — <i>Robertoni</i>, n. sp.
 — <i>Viquesneli</i>, n. sp.
 — <i>tornacensis</i>, n. sp., figurée
 par M. Roemer, pl. 7,
 fig. 45, sous le nom de
 <i>T. subundata</i>, Phil.
 — id. var. <i>a</i>.
 — id. var. <i>b</i>.
 — <i>Bouei</i>, n. sp.
 — <i>Roemeri</i>, n. sp.
 — <i>crassa</i>, n. sp.
 — id. var.
 — <i>crassifcata</i>, n. sp.
 — <i>longiscata</i>, n. sp.
 — <i>Roysii</i>, n. sp.
 — id. var. <i>a</i>.
 ** — <i>Virleti</i>.
 — <i>rustica</i>, n. sp.
 — <i>revoluta</i>, n. sp.
 — <i>biplicata</i>, var. Sow.
 — <i>capillata</i>, n. sp.
 — id. var. <i>a</i>.
 — id. var. <i>b</i>.
 — <i>arenosa</i>, n. sp.
 — id. var.
 — <i>subarenosa</i>, n. sp.</p> | <p><i>Terebratula subtrilobata</i>, Desh.
 in Leym.
 — <i>gussignisensis</i>, n. sp.
 — <i>subconcava</i>, n. sp.
 — <i>Verneuili</i>, n. sp.
 — <i>Murchisoni</i>, n. sp.
 — id. var.
 — <i>Keyserlingi</i>, n. sp.
 — <i>Tchihatcheffii</i>, n. sp.
 — id. var.
 — <i>Gravesi</i>, n. sp.
 — <i>Leveillei</i>, n. sp.
 — <i>subpectoralis</i>, n. sp.
 — <i>elongata</i>, Sow.
 — <i>parva</i>, n. sp.
 — <i>parvula</i>, n. sp.
 — <i>Deshayesi</i>, n. sp.
 — <i>gallina</i>, Al. Brong.
 — <i>dimidiata</i>, Sow.
 — <i>latissima</i> (<i>T. lata</i>, Sow.,
 m. c. t. 502, f. 4), var.
 <i>major</i>.
 — id. var. <i>transverse</i>.
 — id. var. <i>déformée</i>.
 — <i>rostrata</i>, Sow., var. <i>dif-</i>
 <i>forme</i>.
 — <i>scaldisensis</i>, n. sp.
 — <i>triangularis</i>, Nils.
 — <i>depressa</i>, Sow.
 — <i>Beaumonti</i>, n. sp.
 — id. var.
 — <i>paucicosta</i>, Roem., var.
 — <i>canaliculata</i>, id.?
 — <i>parvirostris</i>, Sow. (<i>Trans.</i>
 <i>geol. Soc. Lond.</i>, 2^e sér.,
 t. IV).</p> |
|--|---|

<i>Terebratula Desnoyersi</i> , n. sp.	<i>Terbratula Mantelliana</i> , Sow.
— <i>nuciformis</i> , Sow. (Roem.),	— <i>striatula</i> , Sow.
pl. 7, fig. 5 <i>optima</i> .	— <i>dubia</i> , n. sp.
— <i>Dufrenoyi</i> , n. sp.	<i>Thecidea digitata</i> , Sow., gen.
— <i>orthiformis</i> , n. sp.	of Shells (1).

Gastéropodes.

<i>Acmaea subcentralis</i> , n. sp.	<i>Turbo Mulleti</i> , n. sp.
<i>Emarginula Guerangeri</i> , d'Orb.	— <i>paludinaeformis</i> , n. sp.
<i>Narica cretacea</i> , d'Orb.?	— <i>Pintevillei</i> , n. sp.
<i>Natica lyrata</i> , Sow. (<i>Transac.</i> ,	— <i>Raulini</i> , n. sp.
2 ^e sér., t. III, pl. 38, fig. 44),	— <i>Voltzii</i> , n. sp.
non Phil.	<i>Pleurotomaria Dumonti</i> , n. sp.
** — <i>prælonga</i> , Leym., var. <i>mi-</i>	— <i>Leveillei</i> , n. sp.
<i>nor</i> .	— <i>Nystii</i> , n. sp.
<i>Delphinula Bonnardi</i> , n. sp.	** — <i>perspectiva</i> , d'Orb. (<i>Cirrus</i> ,
<i>Solarium Thirrianum</i> , n. sp.	id., Sow.).
<i>Trochus albensis</i> , d'Orb.	— <i>scarpasensis</i> , n. sp.
— <i>Cordieri</i> , n. sp.	<i>Phasianella gaultina</i> , d'Orb.
— <i>Buneli</i> , n. sp.	** — <i>neocomiensis</i> , id.?
— <i>Huoti</i> , n. sp.	<i>Avellana cassis</i> , id.?
— <i>Rozeti</i> , n. sp.	— <i>bidentata</i> , n. sp.
— <i>Duperreyi</i> , n. sp.	<i>Turritella sub-Vibrayeana</i> , n.
— <i>solarioides</i> , n. sp.	sp.
<i>Littorina Roissyi</i> , n. sp.	<i>Nerinea dubia</i> , n. sp.
<i>Turbo Angeloti</i> , n. sp.	— <i>Prevosti</i> , n. sp.
— <i>arenosus</i> , Sow. (<i>Trans.</i>	<i>Cerithium subspinosum</i> , Desh.
<i>geol. Soc. Lond.</i> , 2 ^e sér.,	in Leym.
t. III, pl. 38, f. 44).	** <i>Fusus?</i> n. sp.
— <i>Delafosse</i> , n. sp.	<i>Pyrula subcarinata</i> , n. sp.
— <i>Boblayei</i> , n. sp.	<i>Rostellaria Parkinsoni</i> , Sow.
— <i>Boissyi</i> , n. sp.	— <i>elongata</i> , Roem., fig. de
— <i>Geslini</i> , n. sp.	Gein.?
— <i>Leblancii</i> , n. sp.	<i>Pteroceras doliolum</i> , n. sp.

Céphalopodes.

Ammonites varians, Sow.

Corps inconnu.

M. Léveillé dans son *Aperçu géologique, etc.* (*Mém. de la Soc. géol.*, 1^{re} sér., t. II, p. 33), cite encore dans le *tourtia* les genres Nau-

(1) La valve inférieure seule, que nous avons trouvée à Gussignies dans la fente du calcaire ancien, où M. Léveillé a recueilli tant de fossiles.

tile, Baculite, Turrilite, Vis, Dentale, Cranie et des crustacées que nous n'avons point trouvés dans sa collection ni dans celle de M. Michelin, et qui n'ont pas dû figurer sur cette liste. Le *Belemnites bicanaliculatus* (var. *actinocamax*), qui était au milieu des fossiles de Tournay, ne nous a point paru provenir de cette localité.

M. Michelin dit qu'il a reçu des fossiles du Tourtia et qu'il y a trouvé un fragment d'Hippurite.

M. Constant Prévost fait la communication suivante sur Sansan :

Sur le gisement des fossiles de Sansan (Gers).

Tous les géologues connaissent, au moins de nom, la colline de *Sansan*, que les découvertes paléontologiques de M. Ed. Lartet ont rendue presque aussi célèbre que l'est celle de Montmartre depuis les travaux de Cuvier.

C'est dans cette localité que pour la première fois les ossements d'un singe voisin de l'orang-outang ont été trouvés dans les mêmes bancs pierreux avec ceux de paléothérium, d'anoplothérium, de mastodontes, de dynothérium, de rhinocéros et d'un grand nombre d'autres espèces terrestres et aquatiques qui représentent les débris d'une période géologique évidemment intermédiaire entre celle plus ancienne des terrains parisiens et celle plus récente des collines subapennines, etc. La colline de *Sansan*, située à environ 13 kilomètres au S. de la ville d'Auch, se lie à celles qui bordent la rive droite du Gers; comme celles-ci, elle fait partie d'un ancien et vaste plateau de sédiments en couches horizontales de terrains tertiaires moyens, que limite aujourd'hui le cours de la Garonne depuis sa sortie des Pyrénées jusqu'à Agen, et qui a été profondément raviné au moment et depuis l'émersion du sol.

Les plaines élevées et marécageuses de Launomezansont le bord S., encore intact, de ce plateau, d'où descendent les nombreuses rivières qui vont, comme le Gers, en irradiant, verser leurs eaux dans la Garonne entre Toulouse et Nérac.

Au lieu de s'appuyer sur le flanc des Pyrénées, ce plateau en est séparé par la large vallée de la Neste; de telle sorte que les eaux du Gers, comme celles des autres rivières qui lui sont parallèles, ne viennent nullement des hautes montagnes.

Cette disposition et les observations auxquelles elle donne lieu

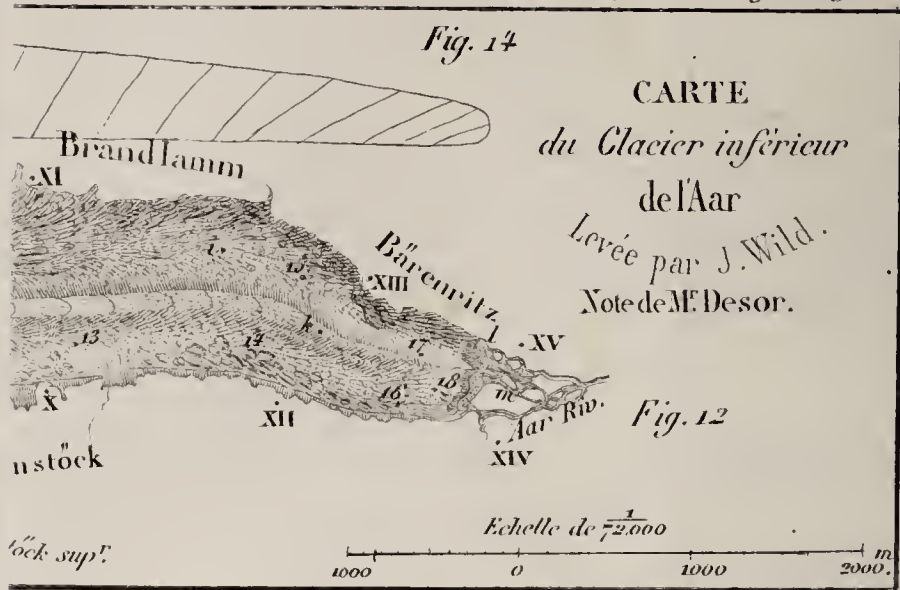


Fig. 4 Coupe A, B.



Fig. 5 Coupe C, D

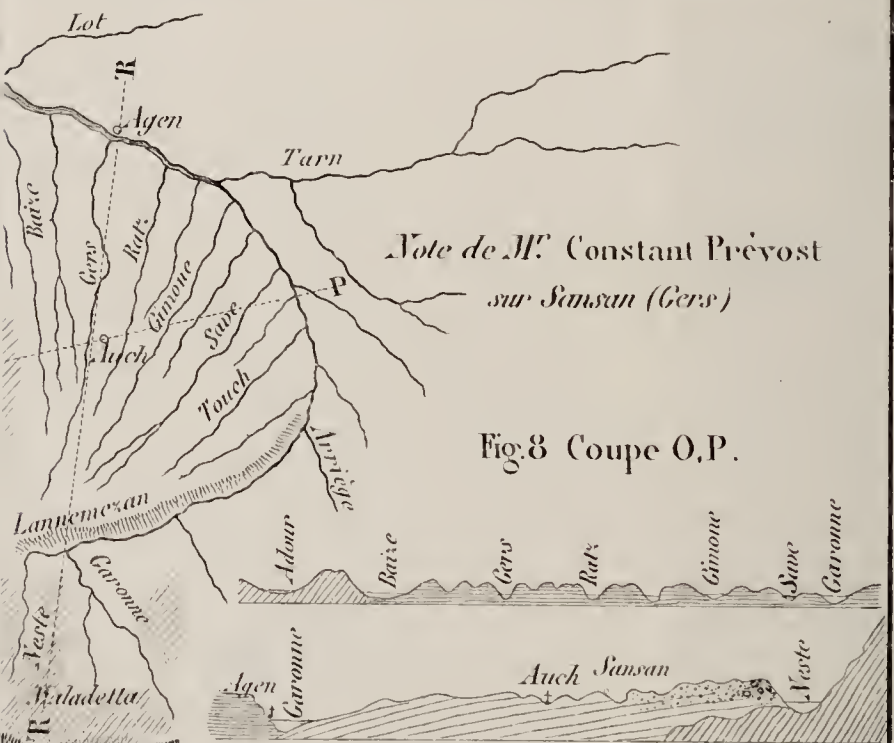
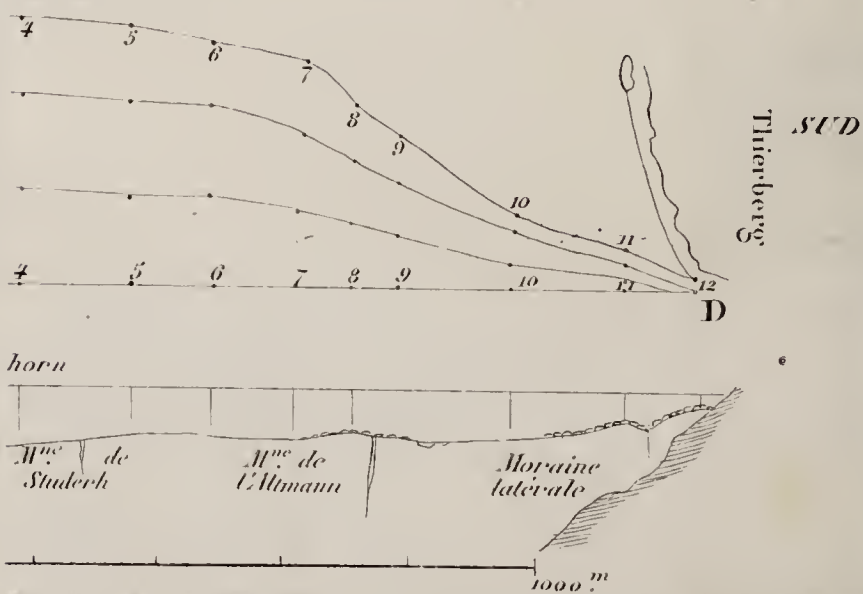


Fig. 8 Coupe O, P.

Fig. 9 Coupe R, T.

levée en Juillet 1842 par J. WILD
AGASSIZ



font voir que la vallée du *Gers*, comme celles de la *Losse*, la *Baize*, la *Ratz*, la *Gimone*, la *Gesse*, la *Save*, etc., a été creusée postérieurement au dépôt des couches fossilifères dont nous allons nous occuper ; que ces rivières ne sont pas les restes d'anciens cours d'eau qui auraient déposé les sédiments dont sont formées ces couches, puisqu'en fait, ces rivières coulent dans les ravins que les eaux qui occupaient le golfe submergé ont creusés en se retirant.

Ce sont donc les eaux qui descendaient des hautes montagnes par les vallées de *Sarancolin* et d'*Aran* qui, en débouchant dans un golfe submergé, ont déposé ces couches comme font tous les fleuves à leur embouchure. Outre les matières pyrénéennes, dont l'origine est évidente, et qui constituent ce que l'on peut appeler le delta de l'antique *Garonne*, des sédiments d'une nature différente viennent compliquer la composition de ce delta, la faire varier par place et donner lieu à des alternances plus ou moins répétées ; il semble que d'autres affluents, venant de l'E., et même du N.-E., que des sources calcarifères sourdant du fond, apportaient leur tribut dans le même espace. D'un autre côté, ces matières sédimentaires sont distribuées d'une manière confuse en apparence, mais qui s'explique naturellement lorsque l'on cherche à se rendre compte des effets qui se produisent dans un bassin de forme irrégulière que traversent des eaux courantes. Sur le trajet de celles-ci, lorsqu'elles marchent avec toute leur vitesse et sans obstacle, les gros blocs s'arrêtent seuls ; puis se déposent des graviers, des sables, des argiles, des calcaires et des marnes dont l'homogénéité et la finesse plus ou moins grandes indiquent le ralentissement de la marche des eaux dans les remous, les contre-courants, etc.

En faisant l'application de considérations de ce genre aux divers gisements d'animaux fossiles que l'on rencontre dans le sol du bassin de la *Garonne*, il devient facile de comprendre pourquoi sur certains points les ossements d'animaux terrestres et d'eau douce sont brisés, roulés et mêlés à des débris d'animaux marins, tandis que sur d'autres les squelettes sont presque toujours entiers, isolés ou réunis en grand nombre, décomposés ou parfaitement conservés, etc. ; pourquoi enfin la colline de *Sansan* constitue un gisement presque exceptionnel en raison du nombre, de la variété et du bel état de conservation des squelettes d'animaux qui en ont déjà été extraits.

En effet, les lieux où des débris d'animaux vertébrés fossiles ont été trouvés dans le bassin de la *Garonne* sont réellement innombrables ; mais presque toujours c'est près de la surface, dans des

font voir que la vallée du *Gers*, comme celles de la *Losse*, la *Baize*, la *Ratz*, la *Gimone*, la *Gesse*, la *Save*, etc., a été creusée postérieurement au dépôt des couches fossilifères dont nous allons nous occuper; que ces rivières ne sont pas les restes d'anciens cours d'eau qui auraient déposé les sédiments dont sont formées ces couches, puisqu'en fait, ces rivières coulent dans les ravins que les eaux qui occupaient le golfe submergé ont creusés en se retirant.

Ce sont donc les eaux qui descendaient des hautes montagnes par les vallées de *Sarancolin* et d'*Aran* qui, en débouchant dans un golfe submergé, ont déposé ces couches comme font tous les fleuves à leur embouchure. Outre les matières pyrénéennes, dont l'origine est évidente, et qui constituent ce que l'on peut appeler le delta de l'antique *Garonne*, des sédiments d'une nature différente viennent compliquer la composition de ce delta, la faire varier par place et donner lieu à des alternances plus ou moins répétées; il semble que d'autres affluents, venant de l'E., et même du N.-E., que des sources calcarifères sourdant du fond, apportaient leur tribut dans le même espace. D'un autre côté, ces matières sédimentaires sont distribuées d'une manière confuse en apparence, mais qui s'explique naturellement lorsque l'on cherche à se rendre compte des effets qui se produisent dans un bassin de forme irrégulière que traversent des eaux courantes. Sur le trajet de celles-ci, lorsqu'elles marchent avec toute leur vitesse et sans obstacle, les gros blocs s'arrêtent seuls; puis se déposent des graviers, des sables, des argiles, des calcaires et des marnes dont l'homogénéité et la finesse plus ou moins grandes indiquent le ralentissement de la marche des eaux dans les remous, les contre-courants, etc.

En faisant l'application de considérations de ce genre aux divers gisements d'animaux fossiles que l'on rencontre dans le sol du bassin de la *Garonne*, il devient facile de comprendre pourquoi sur certains points les ossements d'animaux terrestres et d'eau douce sont brisés, roulés et mêlés à des débris d'animaux marins, tandis que sur d'autres les squelettes sont presque toujours entiers, isolés ou réunis en grand nombre, décomposés ou parfaitement conservés, etc.; pourquoi enfin la colline de *Sansan* constitue un gisement presque exceptionnel en raison du nombre, de la variété et du bel état de conservation des squelettes d'animaux qui en ont déjà été extraits.

En effet, les lieux où des débris d'animaux vertébrés fossiles ont été trouvés dans le bassin de la *Garonne* sont réellement innombrables; mais presque toujours c'est près de la surface, dans des

matières meubles ou peu consistantes, que ces débris ont été rencontrés et se rencontrent chaque jour. Les parties dures, telles que les dents, les défenses, les bois, certains os, ont seules pu être garanties de la décomposition; très rarement les squelettes sont entiers, plus rarement encore les débris des petits animaux ont été conservés ou remarqués: aussi, tandis que l'exploration de tout le bassin a procuré la connaissance de 15 espèces au plus, les fouilles dans *un hectare* de terre de la colline de *Sansan* ont donné le moyen d'en restaurer déjà plus de 80 dont la plupart étaient inconnues.

Au surplus, ainsi que nous venons de le faire remarquer, on peut jusqu'à un certain point se rendre compte de ces différences locales et des particularités exceptionnelles offertes par le gisement des fossiles de *Sansan*, lorsque, par l'examen du relief actuel du pays et l'étude comparative de la composition et de la structure des divers points du sol, on est parvenu à reconnaître les différentes origines des matériaux inorganiques et organiques dont celui-ci a été formé, et à apprécier les causes et circonstances variées qui ont présidé au transport, à la réunion et au dépôt de ces matériaux.

Ainsi, dans les Landes, dans l'Armagnac, le Condomois; dans tout l'espace compris entre les rivages de l'Océan et les environs de Vic-Fezensac, de Jegun et même de Lectoure, partout enfin où des coquilles marines se rencontrent dans les mêmes bancs avec les ossements d'animaux terrestres, les os sont isolés, souvent même roulés, et l'on reconnaît sans peine que, portés dans la mer par des courants continentaux, les cadavres des animaux terrestres ont été le jouet des vagues.

Au contraire, au pourtour N., E. et S. du bassin, c'est-à-dire près des rivages de l'ancien golfe, au fond et à l'embouchure des fleuves qui descendaient des terres habitées, sur le trajet de ces fleuves, et dans les lacs et les marécages que leurs eaux traversaient, des cadavres d'animaux terrestres semblables aux premiers se voient presque intacts et réunis à ceux des reptiles, des poissons et des mollusques d'eau douce, comme le font sous nos yeux les eaux courantes.

Dans ces temps reculés et géologiques, où tout l'espace compris entre le plateau central de la France, les Cévennes et les Pyrénées, était couvert d'eau, un grand courant recevant ses eaux des hautes régions du S. et de l'E. suivait déjà probablement le trajet actuel de la Garonne: alors, dans l'anse comprise entre les points où se voient Saint-Gaudens, Toulouse et Agen, devaient nécessaire-

ment s'établir des contre-courants et des remous qui tendaient à rassembler sur certains points du fond les corps flottants, dont le dépôt avait lieu avec celui des sédiments qui les ont enveloppés et conservés depuis lors.

Le ralentissement dans la marche des eaux, la stagnation même de celles-ci dans l'espace au centre duquel est aujourd'hui placée la ville d'Auch, sont d'autant plus faciles à concevoir que, par l'inspection de la contrée comprise entre Bazas, Mont-de-Marsan et la vallée de Bagnères, on peut acquérir la preuve qu'au moment de la submersion du golfe, le fond de celui-ci était relevé entre ces points, et que les terrains tertiaires anciens disloqués, ainsi que la craie, formaient une sorte de digue submergée N.-O. S.-E., qui s'opposait à l'écoulement libre, vers l'O., des eaux douces affluentes de l'est, et les séparaient des eaux marines.

La forme de l'ancien fond est encore parfaitement dessinée par les directions opposées que prennent les cours d'eau entre Captieux, Roquefort et Jegun, dont les uns vont au N. se jeter dans la Garonne, et les autres se dirigent à l'O. et au S. vers l'Adour; de même que les eaux des vallées de Bagnères-de-Bigorre et des Basses-Pyrénées se jettent à l'O., tandis que celles des vallées d'Arau et de Bagnères de Luchon se portent à l'E. et au N.

Les considérations qui précèdent peuvent donc conduire à expliquer en même temps : 1° la présence dans les dépôts fossilifères des diverses parties du bassin, d'espèces animales différentes par leurs formes, leurs dimensions, leur organisation et leurs habitudes, tels que des Singes et des Mastodontes, des *Dinothérium* et des Tigres, des Cerfs et des Lamantins, des Baleines et des Crocodiles, des Émydes et des Requins, des Hélices, des Lymnées, des Planorbes et des Huîtres, des Polypiers, etc. ; 2° le mélange des débris des animaux marins, d'eau douce et terrestres du côté de l'ouverture du golfe ancien, sur les points où les eaux fluviales venaient se confondre avec celles de la mer; et au contraire, la réunion exclusive des habitants des terres avec ceux des eaux douces dans le fond de ce même golfe et au débouché des fleuves qu'il recevait, là où les vagues marines n'avaient pas d'accès; 3° l'état fragmentaire et roulé des débris d'animaux terrestres dans les parties occupées par la mer et sur les rivages, et la parfaite intégrité, au contraire, des squelettes dans des sédiments très fins et régulièrement stratifiés, partout où les eaux douces affluentes devaient être presque stagnantes, comme dans l'anse au centre de laquelle se voient maintenant *Auch* et *Sansan*; 4° enfin, l'existence et l'isolement actuel de l'un des dépôts ossifères les plus

riches, au sommet d'une colline qui n'est qu'un lambeau ou témoin d'un vaste delta découpé par les eaux au moment de leur retraite et dégradé encore depuis.

Des circonstances de détail et locales appréciables ont encore contribué à faire du gisement particulier de *Sansan* une mine rare et presque incomparable entre les autres gisements connus du même delta, sous le rapport de l'abondance, de la variété et de l'état de conservation des fossiles ; car, dans les collines environnantes, on a bien rencontré fréquemment des ossements semblables à ceux de *Sansan*, mais ils y sont plus isolés, moins entiers, plus friables, et surtout beaucoup plus difficiles à découvrir et à extraire.

Il semble que l'emplacement aujourd'hui occupé par la colline isolée de *Sansan* était le centre d'une dépression du fond de l'ancien plateau submergé ; qu'autour de ce point, des courants partiels qui se contrariaient, laissaient entre eux les eaux presque sans mouvement, de sorte que les corps entraînés dans cette enceinte ne pouvaient plus s'en éloigner. L'on voit au sein de nos mers et sur le trajet des fleuves les plus rapides de nombreux exemples bien connus de pareils effets, qu'il est facile d'expliquer.

Cette disposition originaire supposée expliquerait elle-même comment, lors du ravinement du delta par la retraite des eaux, la partie des sédiments qui constitue la colline de *Sansan* a été respectée, tandis qu'autour, les matières analogues ont été entraînées.

Des causes de même sorte ont laissé, dans la grande vallée parisienne, la butte Montmartre, si remarquable aussi par le grand nombre de fossiles bien conservés qu'elle renferme dans un petit espace.

Il paraît de plus qu'auprès de ce même point de *Sansan* sourdaient des sources calcarifères, dont les précipités salins ont pénétré les ossements, solidifié les sédiments qui les entouraient, et contribué ainsi à garantir les uns et les autres de la destruction.

En effet, les bancs ossifères sont, dans la colline de *Sansan*, beaucoup plus solides et cristallins qu'ils ne le sont ailleurs ; ce n'est souvent qu'avec le burin et le marteau que l'on parvient à dégager les os de leur gangue, qui, parfois, a tous les caractères d'un travertin très dur.

L'isolement de la colline de *Sansan*, dont la forme est presque conique, l'affleurement du banc ossifère sur tout le contour et à mi-hauteur, la facilité de se débarrasser des déblais en les jetant sur la pente inférieure, sont autant de circonstances heureuses que la sagacité et le zèle de M. Lartet ont su apprécier et utiliser

dans l'intérêt de la science. Ne serait-ce pas un malheur si celle-ci ne pouvait profiter jusqu'au bout de la bonne fortune qui lui est offerte? Car, il faut le dire, les sacrifices que M. Ed. Lartet a faits à la science ont atteint le terme que le plus grand dévouement puisse permettre. La crainte que les richesses que renferment encore les collines de Sansan ne restent à jamais enfouies, ou bien qu'elles n'aillent orner les collections étrangères, m'a déterminé à proposer à M. le ministre de l'instruction publique de faire l'acquisition de cette colline au profit exclusif des collections nationales. J'ai l'espoir que bientôt l'autorité ratifiera les conventions qu'au nom de la science j'ai cru devoir souscrire avec le principal propriétaire des terrains.

Dans le plan et les coupes ci-joints de la colline de *Sansan*, on peut voir quelles sont la disposition et l'étendue relatives de la plus grande partie du banc ossifère.

Les coupes font voir comment les assises calcaires sont recouvertes, au centre de la colline, par des lits de sable et de grès; ce sont ces bancs supérieurs qui ont forcé M. Lartet à n'exploiter, jusqu'à présent, que les bords affleurants et non recouverts. Les + indiquent les divers points où les fouilles ont procuré les fossiles. La présence de ceux-ci sur toute la circonférence de la colline ne peut, comme on le voit, laisser aucun doute sur la grande quantité que le massif central doit renfermer.

L'exploitation serait, selon les moyens annuels dont on pourrait disposer, aussi étendue et restreinte que possible; elle pourrait même être suspendue ou interrompue, sans autre inconvénient que de retarder la découverte des précieuses archives enfermées dans le sol.

Quant au mode d'exploitation, le plus simple, à mon avis, serait de continuer à fouiller d'abord au pourtour de la colline, en rejetant les déblais sur la pente inférieure; lorsqu'on serait parvenu aux points où les bancs de grès supérieurs ont plus d'épaisseur et de solidité, il deviendrait peut-être possible d'ouvrir des galeries dans les assises ossifères, qui ont environ 8 mètres d'épaisseur; on travaillerait alors à couvert, sans avoir besoin de déplacer le chapeau central des grès, ce qui procurerait une grande économie de main-d'œuvre, d'autant plus que les déblais solides seraient employés au fur et à mesure à soutenir le toit et à combler les anciennes galeries, en même temps que l'on en ouvrirait successivement de nouvelles.

Il faut faire observer à ce sujet que les ossements sont enveloppés dans une roche calcaréo-marneuse souvent très dure; que les

pièces osseuses d'un même animal sont rarement séparées, et qu'avec de la patience et du soin on peut parvenir à les obtenir toutes. C'est ainsi qu'il est arrivé à M. Lartet de reconstruire des squelettes presque entièrement ; mais pour cela, il faut être maître de poursuivre les recherches dans les directions indiquées ; car, sans cette possibilité, on peut avoir le regret de voir échapper les plus belles découvertes. C'est même ce qui arriverait positivement, si l'exploitation des bancs ossifères de *Sansan* ne pouvait plus être continuée au profit du Muséum, devenu possesseur des collections déjà faites. En effet, il paraît presque démontré que l'on trouverait dans les portions du sol non fouillées tous les ossements du Singe, du Dinotherium et d'un édenté gigantesque encore inconnu, dont M. Lartet n'a recueilli que quelques fragments de squelette, parce que les ouvriers n'ont pu dépasser la limite des pièces de terre dans lesquelles ils avaient la permission de fouiller.

Les hommes employés par M. Lartet pour ses recherches savent bien par expérience que lorsqu'une dent, une pointe d'os quelconque apparaît dans une masse pierreuse, ils ne doivent pas diviser cette masse sans en repérer les fragments, de manière que les diverses pierres extraites du sol et portées dans l'atelier de recherches puissent être replacées dans leurs relations premières ; ce n'est qu'alors que commence un travail qui exige la plus grande intelligence pour suivre et dégager les os, sans les déformer et les briser.

M. Lartet a su poursuivre et organiser, pendant plus de quinze années chez lui, ce travail paléontologique, que l'on sait si bien faire dans les laboratoires du Muséum de Paris, depuis que Cuvier, par son moyen, a vu sortir des bancs solides et cristallins de pierre à plâtre de Montmartre les nombreuses espèces d'animaux inconnus qu'il a décrits le premier.

L'exploitation des bancs ossifères de *Sansan* pour le compte du Muséum consisterait donc à extraire et à mettre de côté toutes les masses pierreuses dans lesquelles une habitude facile à acquérir aurait fait reconnaître la présence de fossiles, à marquer ces masses, pour que leur position relative fût rétablie au besoin, et à les expédier brutes à Paris. Le transport aurait lieu facilement et à peu de frais, si l'on profitait des occasions, par la grande route jusqu'à Agen, d'où les caisses expédiées parviendraient par eau jusqu'aux portes de Paris.

La possession du terrain de la colline de *Sansan* est réellement le complément indispensable de la possession de la collection ; mais le terrain ne peut, en aucune manière, tenir lieu de celle-ci,

dont la valeur scientifique est dès à présent inappréciable, et telle qu'elle contribuera, dans son état actuel, à conserver à nos musées paléontologiques la supériorité qu'ils doivent au zèle et aux savants travaux de Cuvier et de M. de Blainville.

Plus nos collections de la capitale, tant admirées et quelquefois enviées par les nombreux savants étrangers qui les visitent et les consultent, posséderont de pièces rares et de doubles, mieux elles pourront servir les progrès de la science, soit en réunissant au centre des travaux scientifiques le plus grand nombre possible d'objets de comparaison, soit en fournissant le moyen de distribuer les doubles aux musées des provinces et de l'étranger même, ou de multiplier par le moulage les pièces qui sont uniques, afin de les mettre à la disposition de tous les savants.

Explication de la planche V relative à la note sur le gisement des fossiles de Sansan (1).

Fig. 1^{re}. Extrait de la carte de Cassini indiquant la position de la colline de Sansan.

Fig. 2. Plan géologique de la même colline sur une plus grande échelle; les + + indiquent les divers points où des fossiles ont été trouvés dans l'affleurement circulaire du banc ossifère *b*.

Fig. 3. Coupe géologique suivant la ligne F E, de la *fig. 2*.

- a.* Bancs horizontaux de marne argileuse, marbrée de jaune rougeâtre, alternant irrégulièrement avec des bancs de grès à grains plus ou moins fins; quelques fossiles terrestres et d'eau douce ont été trouvés dans ces assises tertiaires, dont l'épaisseur est environ de 36^m
- b.* Banc calcaréo-marneux renfermant les nombreux débris de mammifères terrestres, de reptiles, de poissons et de mollusques d'eau douce 8
- c.* Sable, gravier et bancs de grès. 8

Fig. 4 et fig. 5. Coupes suivant les lignes AB et CD de la colline de Sansan (*fig. 1^{re}*).

Fig. 6. Plan théorique général de l'ancien golfe circonscrit par le plateau central du Limousin et de l'Auvergne, par les Cévennes et les Pyrénées, lorsqu'il recevait les eaux donces versées par les terres de ces régions, pour les verser dans l'Océan. Les traits et les flèches en sens opposés indiquent les directions présumées suivant lesquelles les eaux affluentes et les vagues de la mer ont dû contribuer à répartir et distribuer les débris d'animaux terrestres, d'eau douce et marins que le sol renferme.

Fig. 7. Distribution actuelle des cours d'eau pyrénéens dans le bassin

(1) La carte et la coupe du glacier inférieur de l'Aar se rapportent à deux mémoires qui paraîtront dans le prochain bulletin.

de l'Adour et dans celui de la Garonne, déterminée par le relief du fond de l'ancien golfe. La ville d'Auch, et par conséquent la colline de *Sansan*, occupent la partie centrale de l'anse formée par le cours de la Garonne, derrière la barre, probablement submergée, sur laquelle se croisait l'action des eaux douces et celle des eaux salées.

Fig. 8. Coupe O, P, de l'O. à l'E. des terrains tertiaires qui font suite au plateau de Launemezan, et sont en grande partie composés de débris des Pyrénées.

Fig. 9. Coupe R T du N. au S. des mêmes terrains.

M. Pomel lit le travail suivant :

Notice géologique sur la région du terrain tertiaire lacustre traversée par le chemin de fer des mines de Bert (Allier),
par M. Poirier, ingénieur civil.

Lors de la confection du chemin de fer des mines de Bert (1839), qui, se dirigeant à peu près du S. au N., parcourt la partie E. du département de l'Allier, sur une longueur de 24 kilomètres, on obtint quelques coupes géologiques d'autant plus tranchées que les deux tiers de la région traversée offrent un sol fort accidenté. Nous ne parlerons ici ni du bassin houiller lui-même, ni des terrains granitiques que coupe la ligne de fer, ni des terrains de transition qu'elle côtoie; notre but dans cette notice est seulement de donner quelques détails et de signaler quelques faits au sujet des terrains de formation tertiaire, dont la ligne de fer en question a facilité l'étude.

A l'exception des terrains anciens précités, la presque totalité de la partie E. du département de l'Allier se compose de terrains tertiaires. Toute la partie N. et la partie la plus à l'E. n'offrent que des sables tertiaires, recouvrant une grande étendue de pays, et appartenant à la période pliocène de M. Lyell. Mais au S. apparaissent des collines de terrains tertiaires d'étage moyen, qui, se prolongeant, suivant le cours de la Sioule et de l'Allier, jusque vers le centre du département, disparaissent ensuite sous les sables pliocènes. Une vaste parcelle de ce terrain, celle qui s'écarte le plus à l'E., après avoir été traversée à son extrémité du S. au N. par la Bèbre, plonge, et ne tarde pas à s'enfoncer, elle aussi, vers les bords de cette petite rivière, sous ces dépôts sableux. C'est à cette région que s'appliquent spécialement les détails ci-après.

Cette formation lacustre, qui n'est qu'un prolongement des terrains tertiaires d'Auvergne, doit appartenir principalement à la période désignée par M. Lyell sous la dénomination de miocène.

On peut voir dans l'ouvrage, précieux pour le département et

pour la science, que vient de faire paraître depuis une année M. Boulanger, ingénieur au corps royal des mines (1), les considérations générales et les descriptions soit minéralogiques, soit topographiques applicables à cette formation tertiaire. Mon but, ici, est de donner seulement quelques coupes spéciales, et de décrire et comparer ensemble les diverses assises de roches tertiaires qui, dans un parcours d'une vingtaine de kilomètres, ont été mises à découvert sur plusieurs points, soit par le chemin de fer dont il a été question plus haut, soit par quelques exploitations de carrières qui ont été ouvertes dans son voisinage.

Bien que cette ligne de fer ne fasse qu'effleurer la partie N. la plus extrême de cette formation, se contentant de recouper la base de quelques collines, soit là où elles viennent s'appuyer sur les terrains granitiques, soit dans les endroits où elles s'échappent de dessous les sables pliocènes pour reparaitre au jour, l'observation m'ayant fait reconnaître que c'est principalement sur les limites de ce terrain que se rencontrent les plus nombreux débris d'animaux et les mieux conservés, c'est dans cette région que j'ai cru devoir spécialement porter mes recherches paléontologiques.

L'observateur ne tardera pas à reconnaître dans cette formation tertiaire deux classes de roches assez distinctes. Les unes sont des calcaires alternant assez souvent avec quelques minces couches d'argile ordinairement un peu verdâtres; les autres des grès, accompagnés de couches de sables, et quelquefois d'argiles assez analogues à celles qui sont en contact avec les calcaires.

Jusqu'ici, sur les divers points où j'ai pu observer simultanément les dépôts calcaires et les dépôts arénacés, ceux-là se sont toujours montrés superposés aux grès. Dans le bois de Peublanc (commune de Sorbier), à la carrière de Chassimpierre (commune de Châtelperon), à la montagne de Laheur (commune de Vau-mas), le calcaire se montre en contact avec le grès, mais supérieurement à celui-ci. Du reste, c'est principalement sur les limites de la formation tertiaire que se rencontrent les dépôts arénacés, qui dans l'origine ont été mécaniquement jetés sur les bords du lac primitif avec les nombreux débris organiques qu'ils pouvaient contenir.

Le groupe supérieur des calcaires affecte bien des variétés, soit dans sa composition, soit dans ses formes, soit dans ses

(1) *Statistique géologique et minéralurgique du département de l'Allier*, par M. C. Boulanger, ingénieur des mines. Moulins, chez Desrosiers. 1844.

gisements. Tantôt, comme dans la commune de Sorbier, la roche est blanche, tendre, terreuse, et offre des assises peu marquées. Sur certains points de la commune de Châtelperron, au contraire, elle se montre sonore, en couches de quelques centimètres seulement d'épaisseur, mais bien réglées, et alternant un certain nombre de fois avec de minces filets d'argile; ailleurs, dans la même commune, ce sont des bancs compactes, mis à jour déjà sur 40 mètres au moins d'épaisseur. A la grotte des Fées, aux Icondurets et sur d'autres points, sa texture est concrétionnée, et il forme des grottes de faibles dimensions.

En s'éloignant de ces localités limitrophes, pour pénétrer davantage dans celles où la formation lacustre se fait reconnaître plus en grand, on observe des variétés plus distinctes encore. Une des plus remarquables se rencontre près de Jaligny. C'est un calcaire à indusies, dont la pâte renferme une immense quantité de tubes de friganes, qui sont recouverts eux-mêmes par des milliers de très petites coquilles du genre paludine. Ce calcaire à frigane est assez puissant et assez abondant pour fournir des pierres de construction et à l'alimentation des fours à chaux.

Le groupe arénacé se compose de sables, de grès et d'argiles. Des grès sont quelquefois sableux, assez souvent grossiers, à grains de quartz arrondis, et entremêlés de quelques grains plus gros de feldspath, le tout uni par un ciment calcaire; d'autres fois la pâte est plus dense, plus fine, assez fortement liée pour offrir des matériaux de construction très durs, et résistant bien aux influences atmosphériques, mais difficiles à tailler. Les sables offrent des caractères analogues; tantôt ils sont très fins, blancs, et ne présentent aucune cohérence; tantôt ils sont jaunâtres, à très gros grains. Quelques couches d'argiles, le plus ordinairement verdâtres, viennent s'intercaler assez souvent entre les assises de sable ou de grès.

La formation tertiaire de la période qui nous occupe est remarquable, presque dans tous les pays où elle se rencontre, par la nature et quelquefois l'abondance des débris organiques qu'elle renferme. Dans le département de l'Allier, elle ne le cède en rien sous ce point de vue aux autres régions. Sans parler des fossiles recueillis près Saint-Gérard-le-Puy, Garnat, Bresnay, on verra par la liste et la description de ceux qui ont été rencontrés seulement dans les petites localités traversées par la ligne du chemin de fer des mines de Bert, quelles ressources pour l'étude de la paléontologie peut offrir dans ces parages ce dépôt lacustre. Jusqu'à ce jour, néanmoins, ce pays n'a été que fort peu exploré :

à l'exception de M. l'ingénieur des mines du département, qui décrit scrupuleusement chaque localité dans son ouvrage, aucun autre géologue ne se présente guère dans cette région un peu perdue traversée par le chemin de fer; nous ne l'avons observée nous-même que bien incomplètement: cependant nous commençons dès maintenant à offrir une série de fossiles rencontrés sur quelques points seulement, et qui sont de nature à augmenter la liste de ceux recueillis sur les autres points du département.

Le gîte reconnu jusqu'à ce jour pour être le plus riche en débris paléontologiques est une localité située dans la commune de Vaumas, canton de Dompierre, au lieu dit carrière de la Justice ou de Beauvoir, dans la vallée de la Bèbre, et à quelques centaines de mètres de la rive gauche de cette rivière. Là, une tranchée ouverte à la base de la colline, lors de la confection du chemin de fer des mines de Bert, ayant fait reconnaître l'existence d'assises de pierres propres à bâtir, et assez rares dans cette région, une carrière à ciel découvert y fut immédiatement ouverte. Depuis plus d'une année cette exploitation est suspendue, les couches de sables superposées aux assises de pierres produisant des déblais très dispendieux à enlever. Avant l'interruption du travail, j'ai pu prendre la coupe ci-jointe des fouilles qui avaient été opérées jusqu'alors.

Cette coupe est faite à peu près suivant la ligne N.-S.; l'inclinaison de la colline sur cette ligne est de 8 à 9°; mais elle indique seulement la pente suivant laquelle se sont faites les érosions, et la dénudation d'une partie des assises, car celles-ci ont conservé leur horizontalité. La hauteur verticale de la série des couches mises à découvert est de 10 à 11 mètres; elles se présentent dans l'ordre suivant, à partir du sol extérieur:

Terre végétale recouvrant la pente même de la colline.	0 ^m ,30
N° 1. Sables grossiers, à apparence d'alluvions.	2 ^m ,20
N° 2. Sable jaunâtre, beaucoup plus fin que le précédent à la partie supérieure, très gros inférieurement.	0 ^m ,90
N° 3. Argile jaunâtre, sableuse, renfermant de petites couches interrompues de grès sableux.	1 ^m ,00
N° 4. Sable blanc, très fin, avec beaucoup de débris de très petits vertébrés, poissons, reptiles et mammifères, et çà et là quelques nodules de grès sableux de 0 ^m ,15 à 0 ^m ,20 d'épaisseur.	1 ^m ,30
N° 5. Petite assise d'argile verdâtre sans fossiles.	0 ^m ,25
N° 6. Sable un peu moins fin que le n° 4, mélangé éga-	
<i>A reporter.</i>	5 ^m ,95

	<i>Report.</i>	5 ^m ,95
lement de quelques grès sableux. Les fossiles rencontrés dans cette assise sont de plus forte dimension que ceux de la couche n° 4. (On commence à recueillir quelques débris de tortues et une assez grande quantité de dents de crocodile.)		4 ^m ,40
N° 7. Assise moins homogène et moins réglée que les précédentes, composée de sables jaunâtres, mélangés de quelques rubans d'argiles et de rognons de grès, variant de 1 à 2 mètres. (Abonde aussi en fossiles, mais de plus grosse dimension.)		2 ^m ,00
N° 8. Banc de grès compacte à grains de quartz, mélangés de gros grains de feldspath, réunis par un ciment calcaire. Ces grès offrent des lits de 0 ^m ,50 environ d'épaisseur, appuyés les uns sur les autres et présentant déjà une épaisseur de 1 ^m ,50. (Entre les joints des lits, et incrustés dans la pierre même, les fossiles continuent à se montrer, et on y remarque en outre des moules assez rares d'Hélices et d'Unios.)		1 ^m ,50
	Total	<u>10^m,85</u>

Sur l'autre rive de la Bèbre, la colline de Labeur, qui fait face à celle de la Justice, offre la même formation arénacée ; mais les couches de grès affectent une plus grande puissance, et les assises de sable ne se montrent pas répétées, comme à la carrière de la Justice ; les débris organiques y sont aussi rares qu'ils sont communs sur la colline opposée. En outre, la partie culminante de la colline offre quelques roches de calcaire concrétionné.

A quelque distance de Chassimpierre, dans la belle propriété de M. Collas, maire de Châtelperon, une carrière nouvellement ouverte, à 8 kilomètres environ au S. de celle de la Justice, mais qui n'offre encore qu'une fouille de faible dimension, présente déjà néanmoins une coupe de 9 mètres environ de hauteur. Bien que la pente de la colline soit beaucoup plus abrupte que celle de la Justice, les couches y sont également horizontales et se présentent dans l'ordre suivant :

Terre végétale de 30 à 40 centimètres.	0 ^m ,40
N° 1. Calcaire non stratifié, mais en fragments empâtés dans un dépôt terreux ; cette nature de calcaire assez dure, à l'intérieur surtout.	3 ^m ,00
	<u>3^m,40</u>

A reporter.

	<i>Report.</i>	
N° 2. Couche de calcaire, horizontale, bien réglée, de 0 ^m ,50 d'épaisseur, se séparant facilement en dalles de 0 ^m ,05 à 0 ^m ,15 d'épaisseur.		0 ^m ,50
N° 3. Petite assise d'argile verdâtre, onctueuse.		0 ^m ,15
N° 4. Couche semblable à celle n° 2, de 0 ^m ,40, composée de feuillets calcaires de quelques centimètres d'épaisseur, la plus inférieure et la plus épaisse ayant 0 ^m ,18.		0 ^m ,40
N° 5. Assise d'argile, moins grasse que la précédente (n° 3).		0 ^m ,20
N° 6. Bancs répétés de calcaire, dont le premier, à texture compacte, offre 3 mètres de puissance; les autres, analogues aux couches n° 2 et 4, se partagent en feuillets de 0 ^m ,10, 0 ^m ,12 ou 0 ^m ,20 d'épaisseur.		
Je n'ai pu observer cette dernière assise (n° 6) que sur une épaisseur de 5 mètres environ, le reste de la fouille, qui offrait encore plusieurs mètres de profondeur, étant inondé.		5 ^m ,00
	Total	<u>9^m,65</u>

J'ai d'autant plus regretté que ce petit obstacle m'ait empêché de pousser plus loin mes recherches pour le moment que j'étais plus curieux d'observer le passage des calcaires aux grès. Un assez grand nombre de mètres cubes de cette dernière roche arrachés et entassés sur place, indiquaient que, inférieurement au calcaire, les ouvriers étaient arrivés au groupe arénacé. Les grès extraits montraient en général beaucoup d'analogie avec les calcaires des couches n°s 2, 4 et la partie inférieure de la couche n° 6, en ce sens qu'au lieu de bancs compactes, comme la couche n° 8 de la carrière de la Justice, ils ne forment que des dalles n'ayant quelquefois que 7 à 8 centimètres d'épaisseur. Ces feuillets, si minces déjà, peuvent être partagés encore en deux avec la plus grande facilité à l'instar des schistes feuilletés. Très communément alors, entre ces deux minces feuillets, se trouvent empreints des débris de petits animaux, et plus spécialement de poissons et batraciens.

La texture de ces grès, bien différente aussi de celle des grès de la carrière de la Justice et de Labeur, est sableuse; les gros grains de feldspath ne s'y rencontrent plus, et la roche présente peu de dureté.

A un kilomètre au plus au N. de ce gisement, une autre carrière a été ouverte pour alimenter les fours à chaux de Châtelperron. Là, on n'est pas sorti encore du calcaire, qui se montre sur ce point en masses puissantes et compactes, offrant, sur 10 mètres

déjà environ d'épaisseur, des bancs appuyés les uns sur les autres sans aucune alternance d'argiles ou de sables. Le calcaire de ce gîte est généralement blanc, tirant quelquefois sur le rose. Il est bien moins dur que le calcaire concrétionné.

Cette dernière variété de calcaire se montre en plusieurs points à l'extérieur, mais principalement à la grotte des Fées, à environ un kilomètre au N. de la carrière de Châtelperron.

La localité de la grotte des Fées se fait remarquer par plusieurs petites grottes dans lesquelles ont été trouvés des ossements d'animaux d'un volume assez considérable. Dans le dépôt terreux et pierreux qui enveloppe la masse du calcaire, se trouvent enfouis de nombreux fragments d'os brisés et spécialement beaucoup de dents; ces débris appartiennent aux genres bœuf, renne, cerf, mouton, blaireau, renard, cheval, campagnol, marmotte et à des oiseaux. Ces débris sont d'une époque bien plus récente que les fossiles qui se rencontrent dans les dépôts arénacés ou dans la pâte même des calcaires.

Une dernière localité que je signalerai encore est celle de Peublanc, à 5 kilomètres environ au S.-E. de la carrière de Châtelperron dans la commune de Sorbier, et là où le chemin de fer de Bert coupe pour la première fois le terrain lacustre. Les couches ne sont plus aussi horizontales qu'aux autres points désignés : elles affectent une légère inclinaison vers le N.

Après quelques pieds de terre végétale, une couche d'argile jaunâtre recouvre la masse du calcaire, dont la puissance paraît devoir être assez considérable, quoique les fouilles soient encore assez peu avancées. Ce calcaire, analogue, du reste, à celui de Châtelperron, quoique plus tendre, est le seul qui jusqu'à ce jour m'ait offert, quoiqu'en petite quantité, des débris de mammifères et vertébrés. Les fossiles les plus communs sur ce point sont des os de poissons, batraciens, rongeurs, semblables à ceux qui se trouvent intercalés entre les minces feuillets des grès de Chassimpierre. Les ossements de quelque dimension sont rares, et tellement incrustés dans la pâte calcaire qu'ils ne sauraient en être retirés.

Dans tous les gisements divers où j'ai eu occasion d'observer les calcaires, en suivant le parcours du chemin de fer des mines de Bert, j'ai toujours rencontré et quelquefois très abondamment des hélices. C'est la seule coquille que j'y aie découverte jusqu'à ce jour. Cependant, en suivant cette ligne de collines qui de la commune de Châtelperron se dirige dans celle de Vaumas, de Saint-Pourçain sur Bèbre, jusqu'à Dompierre, suivant la rive droite de

la Bèbre, on rencontre à peu de distance de ce dernier bourg un point où le calcaire surgit des sables pliocènes qui le recouvrent. Ce calcaire, identique avec ceux de Châtelperron et de Peublanc, a été retiré d'une excavation aujourd'hui inondée. Autour de cette excavation se rencontrent mélangés à ces calcaires des amas de marnes extraites pour l'amendement des terres. Parmi ces marnes, les unes sont verdâtres, et n'offrent aucune trace de fossiles; les autres, blanches, renferment beaucoup de rognons presque exclusivement composés d'une espèce de cyrène dont les nombreuses coquilles sont agglutinées les unes avec les autres au moyen d'une pâte de calcaire terreux. Une autre nature de roche, provenant du même gisement et que je n'ai point rencontré ailleurs, est presque uniquement composée du *Cerithium Lamarkii*. Du reste, je n'ai trouvé encore que quelques fragments isolés de cette roche. Jusqu'à ce jour, c'est le seul point, sur toute la ligne décrite plus haut, où j'ai pu observer ces deux espèces de coquilles.

Le petit nombre d'habitants, la rareté des observateurs, la sauvagerie de la plus grande partie du pays traversé par la ligne de fer des mines de Bert, les fouilles trop récemment ouvertes encore pour alimenter les fours à chaux qui sont venus s'établir à la faveur de cette voie de transport, n'ont permis encore que des recherches et des observations incomplètes. L'avenir, en faisant grandir l'industrie dans ces parages, favorisera les moyens d'exploration: aussi mon intention première était-elle de recueillir d'abord silencieusement pendant un temps donné tout ce que le pays environnant eût pu m'offrir des débris de l'ancien monde, pour apporter plus tard un petit tribut d'observations et de découvertes qui pût être vraiment utile aux progrès des études paléontologiques. En avançant aujourd'hui mes intentions premières, je ne me regarderai que comme plus obligé à l'avenir à compléter des recherches qui jusqu'à ce jour n'ont été qu'ébauchées.

Mémoire pour servir à la géologie paléontologique des terrains tertiaires du département de l'Allier, par A. Pomel.

Dans une note adressée à l'Institut sur les terrains fossilifères des environs d'Auch, M. Constant Prévost disait que ces vastes dépôts tertiaires, qui couvrent la plus grande partie du bassin de la Garonne, renferment une si prodigieuse quantité d'ossements de vertébrés, qu'il semblerait qu'à l'époque de leur dépôt le sol eût

été littéralement jonché de cadavres. On peut, avec bien plus de raison encore, appliquer ces paroles à la partie supérieure du bassin de la Loire, soit à la vallée du fleuve lui-même, soit à celle de l'Allier, son affluent principal. En effet, cette partie septentrionale du grand plateau du centre présente, au milieu des phénomènes qui l'ont rendue classique pour l'étude des volcans éteints, des exemples sans nombre d'accumulations immenses d'ossements de vertébrés, dont plus de 30,000 pièces répandues dans diverses collections ont été déjà récoltées par les géologues de la contrée. Mais ce qui rend encore ces vallées bien plus dignes qu'un grand nombre d'autres, des plus célèbres, d'attirer l'attention des paléontologistes, c'est que ces charniers appartiennent à trois époques successives de phénomènes géologiques, et à trois générations constituant autant de faunes parfaitement closes et totalement différentes entre elles : aussi ne doit-on pas s'étonner du grand nombre d'espèces fossiles, déjà signalées ou à décrire, qui s'élève à plus de 230, en ne comptant que les mieux caractérisées ; ce qui, en réalité, doit donc rester encore au-dessous de la vérité.

C'est donc là qu'on doit étudier les changements de formes qu'a éprouvés l'animalisation aux dernières époques géologiques, puisque trois faunes s'y présentent en succession immédiate, et que les comparaisons doivent par cela même être plus certaines ; puisqu'il n'y a plus d'incertitude pour leurs âges, et qu'on ne doit plus tenir compte de l'influence produite sur les climats par les différences de latitude.

Dans d'autres travaux, j'ai exposé les caractères des deux faunes qui ont précédé, dans la contrée, l'établissement de toute société humaine, et qui se rapportent aux périodes diluvienne et pliocène. Aujourd'hui je ferai connaître quelques uns de ceux de la période miocène, qui n'est pas moins riche en faits curieux de toute nature, en rendant compte du résultat de mes observations sur les débris osseux que j'ai pu étudier dans quelques collections faites dans le Bourbonnais, à la jonction géologique des vallées de l'Allier et de la Loire. La partie zoologique de ce mémoire, ainsi que l'indique son titre, ne devra être considérée que comme le prodrome d'une publication plus étendue qui renfermera, avec tous les détails anatomiques, la description des espèces que je signale aujourd'hui, et de celles qui doivent m'être encore communiquées.

§ 1^{er} *Aperçu géologique sur la constitution du sol de la vallée de l'Allier.*

Le grand bassin N.-S., dans lequel se sont déposés les sédiments tertiaires de l'Auvergne et du Bourbonnais, a été ouvert principalement dans les roches dites primitives, qui constituent des chaînons secondaires se liant au plateau central sous forme de ramifications. Ces roches, comme on le sait, sont des granites porphyroïdes ou à grandes parties, qui offrent dans certaines vallées transversales une stratification en grand, assez nettement accusée sur de grandes étendues; puis des granites à plus petits grains formant à eux seuls des surfaces assez grandes, ou s'associant le plus souvent aux gneiss, avec lesquels ils sont tellement confondus que les deux espèces ne sont parfaitement différenciables qu'au centre de chaque masse, et que l'établissement de leurs limites réelles serait chose presque impossible. Les micaschistes, plus indépendants, mais montrant aussi de ces passages aux gneiss, sont plus développés sur les versants opposés à la vallée ou près des cimes qui la limitent.

Le chaînon oriental, où se trouvent Pierre-sur-Haute et Montoncelle, et qu'on désigne quelquefois sous le nom de montagnes de la Madeleine, est plus essentiellement formé de gneiss plus ou moins mélangé de granite et de quelques micaschistes. Mais, en outre, des filons de pegmatite, de roches serpentineuses, et principalement de porphyres quartzifères, se sont fait jour à travers ce terrain, et ces derniers sont surtout développés près de l'extrémité septentrionale du chaînon, où ils constituent d'assez vastes étendues.

La chaîne occidentale, celle qui supporte tous les cratères et les dômes, et qu'ont percée les trachytes et de nombreux basaltes, présente vers le grand escarpement qu'elle forme sur la Limagne une longue bande granitique de roches à grandes parties, en apparence constituées de bancs énormes superposés et plongeant vers l'O. ou le S.-O. Quelques filons de granite à grains fins traversent cette masse, qui semble perdre de sa puissance vers le S., où, au contraire, se développent des gneiss plus homogènes que sur la chaîne opposée et bien moins étendus. Les micaschistes enfin semblent former plus particulièrement ses parties supérieures, et dominant sur le versant occidental de la chaîne, où ils s'associent fréquemment aux gneiss. Vers le S., ils s'avancent beaucoup plus dans la vallée et prennent une plus grande puissance, en présentant fréquemment dans leur stratification des accidents d'in-

clinaison vers le S.-O., comme les granites, dont ils sont séparés par le gneiss.

C'est le plus souvent sur ces roches que se sont déposés les sédiments lacustres ; mais il est aussi d'autres terrains qui en ont été recouverts. Des lambeaux de roches de transition considérées comme siluriennes gisent çà et là, disloqués et bouleversés par les porphyres, et sont plus communs dans le département de l'Allier à l'extrémité de la chaîne de la Madeleine. Puis viennent les terrains houillers, formant de nombreux petits bassins groupés, les uns à la partie méridionale près des limites des départements du Puy-de-Dôme et de la Haute-Loire, les autres à la partie septentrionale dans le Bourbonnais ; ceux-là placés près du talweg de la vallée, ceux-ci, au contraire, plus nombreux, présentant des caractères assez remarquables dans leurs positions respectives. A l'exception du bassin de Bert et Montcombroux, placé à l'extrémité tout-à-fait septentrionale de la chaîne de la Madeleine, les autres sont surtout situés à l'O., et passent même au-delà de la petite chaîne qui sépare les bassins de l'Allier et du Cher. La direction de cette dernière crête coïncide avec l'alignement de nombreux bassins allongés dans le même sens, et dont l'étroitesse est remarquable. La ligne qu'ils forment, commençant à peu de distance au S.-O. de Moulins, et peut-être même à Décise, se prolonge sur le versant occidental de la chaîne des Dômes et va se terminer dans le Cantal au-delà de Mauriac. Sur toute cette étendue l'ensemble du terrain est assez bien le même, et il est surtout à remarquer que les mêmes poissons fossiles se trouvent dans la plupart des bassins qu'on a explorés, et qu'ils existent aussi dans ceux qui sont voisins de cette ligne, soit vers Commeny, soit vers Montcombroux. Le développement de ces argiles bitumineuses, si riches en poissons et végétaux à Autun, est considérable dans son épaisseur, et établit entre ce dernier bassin et ceux dont nous parlons des relations bien remarquables.

La partie septentrionale du département de l'Allier est aussi très analogue dans sa constitution géologique à la contrée des environs d'Autun ; car, indépendamment des grès et schistes bitumineux, considérés par les uns comme la partie supérieure du terrain houiller, par les autres comme représentant le grès rouge, ou vosgien et le zechstein, il existe un grand dépôt de trias, commençant par des grès rouges, quartzeux, très ferrugineux, et quelques conglomérats, sur lesquels reposent des calcaires riches en poissons et végétaux fossiles non déterminés, et des marnes bitumineuses assez semblables aux schistes plus anciens, et se

continuant par des grès quartzeux lustrés recouverts par les grès et les marnes irisées avec amas de gypse qui représentent évidemment le keuper. Suivant les uns, tout cet ensemble rentre dans le keuper; suivant d'autres, les grès rouges, les calcaires, les grès et marnes avec gypse représentent les trois terrains principaux du trias (grès bigarré, muschelkalk et keuper); enfin, suivant d'autres, on pourrait trouver là des représentants, 1° dans le grès rougeâtre et les calcaires, de nouveau grès rouge et du zechstein; 2° dans les grès lustrés, du grès bigarré; 3° enfin dans les marnes avec grès et gypse, de vrai keuper, ce qui est incontestable pour ce dernier, mais ce qui est loin d'être établi pour les autres. Toutefois la présence des *Psaronius* (*asterolithus*) dans le grès rouge, où ils paraissent exister d'après des pièces recueillies par M. Virlet, semblerait appuyer un rapprochement entre le grès rouge d'Allemagne et ces dépôts incertains qui recouvrent les schistes bitumineux. Le grès bigarré pourrait bien aussi exister aux environs d'Autun; car il y a été récolté un cône de *Woltzia*, végétaux qui, jusque là, appartiennent exclusivement au grès bigarré des Vosges.

Plus au N. encore, vers les limites du département de la Nièvre et du Cher, se rencontrent les assises inférieures des terrains jurassiques; et d'abord, en recouvrement immédiat du keuper, le grès infra-liasique, avec ses fossiles caractéristiques, et parmi les fougères le *Clathropteris meniscioides* et le *Phlebopteris Nilsonii*; puis le bleu-liaé avec ses gryphées, ses plagiostomes, ses peignes, etc. Mais ces terrains sont assez peu développés, et pour les rencontrer avec leurs caractères normaux, il faut pénétrer dans les départements voisins du Cher et de la Nièvre.

Sur tous les terrains que nous venons de décrire se sont déposés des sédiments tertiaires, qui commencent dans le département de la Haute-Loire et s'étendent, sans discontinuité, jusqu'au-delà de l'ancien Bourbonnais, où des gorges étroites, dans lesquelles les eaux de la vallée traversent les terrains jurassiques, semblent arrêter ou du moins retrécir considérablement ces formations, qui se développent de nouveau au-delà, avec des caractères tout-à-fait identiques, pour se lier insensiblement aux dépôts de l'Orléanais et de la Beauce, où l'on rencontre, du reste, beaucoup de fossiles propres à la vallée supérieure. En général, le terrain tertiaire qui a comblé en partie le grand sillon N.-S. de la Limagne commence par des dépôts argilo-sableux mélangés de grès, et plus rarement par des arkoses plus ou moins arénacées, que j'ai signalées comme plus anciennes, mais cependant encore tertiaires et pouvant représenter l'étage éocène. Souvent, vers les bords

des bassins, ces argiles sont surmontées par des dépôts entièrement arénacés ou par des grès à ciment calcaire renfermant de nombreux fossiles, tandis que celles-là n'en présentent que des traces bien rares. Un troisième groupe, bien plus puissant, est constitué par des superpositions et des alternances de marnes et de calcaires plus ou moins terreux et compactes, sableux ou concretionnés, qui se terminent enfin par de vraies meulières et quelques marnes plus ou moins argileuses. Tout cet ensemble appartient évidemment à la période miocène, puisqu'il a comblé une fente du système de dislocation de Corse et Sardaigne, qu'il se lie au terrain de la Beauce par ses fossiles, et quelquefois par quelques uns de ses caractères minéralogiques, qu'il ne renferme aucune espèce de vertébrés de l'étage inférieur parisien, et qu'enfin il est recouvert par les terrains volcaniques dont les plus anciens sont de la période pliocène, et renferment, en effet, des espèces pliocènes. Sur le bord occidental ces terrains s'appuient contre de grands escarpements, sans pénétrer jamais dans les anfractuosités des vallées actuelles, et l'on remarque que les lignes qui les limitent sont droites et dirigées parallèlement du nord au sud, quoiqu'elles soient plus ou moins avancées les unes que les autres, par rapport à la direction générale; ce qui détermine au bout de chaque partie droite un ressaut brusque dont le retour est à angles droits. Cependant il se détache du bassin, à la hauteur du Mont-Dore, une longue pointe de sédiments aujourd'hui disloqués par de nombreuses ruptures E.-O., mais qu'on suit parfaitement jusqu'à une petite distance du pied des masses trachytiques, aux environs du village de Murol.

Il est assez remarquable de retrouver, à la même hauteur et de l'autre côté du bassin, des sédiments qui sortent de ses limites actuelles pour s'élever assez haut sur les pentes de la chaîne de la Madeleine; mais il est moins facile sur ce point de les circonscrire et de les suivre dans toute leur extension. En général, le bord oriental est limité par des lignes plus sinueuses, parce qu'il n'y a que rarement de grands escarpements rectilignes, et que le plus souvent on arrive par des pentes moins roides, assez près du centre du bassin. Cette disposition semblerait indiquer que le thalweg actuel est sur l'emplacement d'une faille, dont l'un des côtés s'est fortement relevé, tandis que l'autre s'est au contraire abaissé; ce que confirmeraient même certains accidents de direction et de pendage des grandes masses primitives.

Revenons maintenant aux caractères particuliers de chacune des grandes assises que nous avons énumérées plus haut. Les arkoses

vraies, c'est-à-dire les grès à ciment ferrugineux et siliceux occupent un assez petit espace dans le S. du bassin et dans sa partie moyenne, où ils semblent avoir participé aux mouvements des roches primitives dans la formation du bassin miocène. Nous avons fait connaître quelques unes de leurs particularités dans un travail spécial auquel nous renvoyons (1).

Les argiles bigarrées qui les recouvrent occupent de plus grandes surfaces; rarement elles sont aussi plastiques que celles du bassin de Paris; elles sont le plus souvent composées d'agglomérats sableux réunis par l'oxyde de fer ou par l'alumine, qui prédomine ordinairement. Elles se font remarquer de loin par leurs couleurs foncées, bigarrées de rouge et de vert, et par les escarpements qu'elles forment près des torrents ou sur la pente des collines lorsqu'elles ont été ravinées par les orages. Un grand nombre d'assises, variables dans leur épaisseur, dans l'abondance des sables et dans leur état plus ou moins grossier, constituent ce terrain, et certaines d'entre elles, en perdant une grande partie de leur pâte plastique, forment par place des grès ou rarement des poudingues à petites parties qui n'y sont que des accidents. De la base au sommet, c'est toujours la même composition; rarement s'y rencontrent des amas lenticulaires de fer hématite qui constituent un assez bon minerai; il est plus commun de trouver dans les parties tout-à-fait supérieures deux ou trois petits lits de calcaire compacte, plus ou moins souillé d'oxyde de fer, quelquefois esquilleux, dans lequel je n'ai jamais observé de fossiles. Des hélices et des paludines très rares sont les seuls qui aient été trouvés dans les argiles. A la partie supérieure, le dépôt cesse brusquement et ordinairement sans alternance aucune, soit avec les grès, soit avec les calcaires qui le recouvrent; à la base, au contraire, il arrive très souvent qu'il n'y a plus stratification et qu'il y a une sorte de transition du gneiss ou du granite à l'argile; de sorte que celle-ci semble sur ce point être le résultat de la désagrégation sur place de la roche primitive, dont les éléments ont ensuite été empâtés par l'alumine et l'oxyde de fer; ce dernier accident se renouvelle même hors du bassin sur des points assez élevés où la kaolinisation du feldspath désagrège la roche cristalline.

Les argiles bigarrées forment presque toujours le soubassement

(1) Description des collines de la Tour de Boulade et du Puy du Teiller. *Bulletin*, 2^e série, t. I^{er}.

des assises calcaréo-marneuses ; mais leur développement est assez variable , et c'est toujours sur les bords du bassin qu'elles prennent plus de développement et qu'elles manquent plus rarement. Leur maximum de puissance et d'étendue se trouve assez près des parties supérieures du bassin et surtout dans le sens de ces deux prolongements transversaux que nous avons signalés à la hauteur d'Issoire et du Mont-Dore ; car ce sont elles qui s'élèvent ainsi de chaque côté, sans qu'elles soient ordinairement accompagnées des calcaires, qu'on retrouve cependant vers l'O. avec un très faible développement et avec des caractères qui porteraient à les faire considérer comme subordonnées à celles-ci. La limite septentrionale de cette espèce de barre est assez peu tourmentée et presque perpendiculaire à l'axe du bassin, et c'est près d'elle, entre les Couses, que les argiles atteignent la plus grande épaisseur. Celle-ci se maintient assez bien vers le sud, où la limite se lie plus insensiblement avec la direction du bassin ; mais elle diminue vers les confins de la Haute-Loire, où elle est surmontée par les sédiments marno-calcaires. A l'E., elles sont encore très étendues, mais moins bien limitées, moins épaisses, et vont ainsi atteindre la vallée de la Dore, où elles sont parfaitement caractérisées aux environs d'Arlanc, qui se trouve sur le prolongement de la ligne du Mont-Dore à Issoire. Cette disposition bien remarquable semblerait conduire à supposer d'assez grands changements topographiques entre leur dépôt et celui des calcaires qui les recouvrent ; mais ce phénomène n'a pas encore été assez bien étudié pour qu'on puisse hasarder quelque hypothèse sur son origine.

On pourrait croire que les dépôts quartzeux arénacés qui recouvrent ces argiles, avec lesquelles ils contrastent par leur différence de couleur, en ont une dépendance ; car ils n'en diffèrent que par la nature de la pâte qui les agglutine ; les plus anciennes ne sont jamais à l'état de sable ou d'arène, et toujours l'alumine ou l'oxyde de fer y est assez abondamment répandu. Les plus récents, au contraire, ne renferment que des éléments calcaréo-marneux pour ciment, et souvent même ils sont presque purs, tellement meubles qu'on les a considérés comme des dépôts diluviens ou d'alluvions anciennes, surtout là où ils renfermaient quelques rares galets quartzeux ; quelquefois aussi ils contiennent des veines ou de petits amas de marne blanche plus ou moins feuilletée ; ils diffèrent aussi beaucoup des précédentes en ce qu'ils renferment presque partout des ossements fossiles, et que les autres n'en ont

montré encore aucune trace reconnaissable. Toutes ces circonstances annoncent donc, au contraire, qu'ils se lient plutôt au système calcaréo-marneux qui les recouvre.

C'est encore au S. du parallèle passant par Issoire que ces dépôts sont le plus développés; à l'O., ils forment une bande sur le bord du bassin depuis Vaudable jusqu'au-delà de la petite ville d'Ardes, et leur altitude sur ces points est très considérable. Vers les limites de la Haute-Loire, aux environs de Lempdes, ils descendent tout-à-coup à une hauteur bien moindre, car à Bournoncle ils sont plus inférieurs de 150 mètres au moins. Cette circonstance indique évidemment qu'ils ont participé au soulèvement opéré par les dislocations volcaniques qui ont exagéré sur certaines lignes les accidents orographiques du système de Corse et Sardaigne, en les modifiant plus ou moins fortement près des lignes de mouvements plus violents. Mais cette action ne s'est pas étendue très loin vers l'axe du bassin; car à quelques kilomètres on les retrouve dans une position assez peu différente de celle de Bournoncle, et ils passent ainsi au-delà de la rivière d'Allier, où ils se terminent assez près des montagnes de gneiss qui limitent sur ce point la formation tertiaire. Plus au N., on les rencontre encore constituant plutôt des accidents, çà et là, sur les bords du bassin, et ils reprennent leur développement dans le département de l'Allier, principalement sur la rive droite et près de l'extrémité de la chaîne primitive de la Madeleine; mais ici, les argiles qui leur sont inférieures paraissent très peu développées et manquent même assez souvent. Ces dépôts sont très importants pour notre sujet, car ils renferment de nombreux ossements fossiles sur la plupart des points où ils ont été observés; les mollusques y sont plus rares et appartiennent aux genres *Hélice* et *Unio*.

La formation calcaréo-marneuse qui repose sur l'un ou l'autre des dépôts arénacés précédents, s'étend sur toute la longueur du bassin avec une puissance considérable atteignant plus de 200 mètres, et se fait remarquer de suite par l'absence de toute roche de transport et par le nombre des assises marneuses ou calcaires qui la constituent. Elle est toujours à sa partie inférieure nettement séparée des argiles ou des grès, avec lesquels elle n'alterne jamais, et le plus ordinairement ses bancs inférieurs, au lieu d'être argileux, sont très purs, compactes et solides. Sur un grand nombre de points les premiers lits sont un peu concrétionnés et renferment une grande quantité de *Cyrenes* et de *Cerithium Lamarkii* mélangés de *Planorbes* et de *Paludines*. Après une succession variable d'assises également diverses, mais assez peu marneuses et rarement

fissiles, vient un ensemble plus terreux, plus divisé, plus marneux, qui se fait remarquer surtout par l'abondance des *Cypris* dont sont pétris les divers feuilletts. De nouvelles assises marno-calcaires délitescentes, parfois plus épaisses, moins feuilletées, se lient à des calcaires concrétionnés à grandes ou petites parties, et aux couches à *Indusies*, qui sont tantôt libres, tantôt recouvertes par d'autres couches marneuses, et que surmontent enfin des silex cariés très développés aux environs de Vic-le-Comte sur la rive droite du bassin. Mais empressons-nous de dire que rien n'est plus inconstant que la succession et la présence de ces divers systèmes; à de très petites distances, sur les flancs opposés d'une même vallée, aux deux extrémités d'une même colline, il devient souvent impossible de reconnaître les mêmes couches, ou même des couches analogues, et ce résultat de l'examen de détail est donné aussi par celui de l'ensemble: ainsi, certaines collines ne présentent que des assises de calcaire compacte de teinte uniforme; telles autres, quoique voisines, sont essentiellement composées d'assises fissiles et marneuses; ici les *Cyrènes* et *Potamides* manquent aux couches inférieures, qui peuvent être moins compactes, plus terreuses et plus puissantes; là, les couches à *Cypris* sont sableuses, ou bien épaisses et très solides, et plus ou moins riches en carapaces de ces crustacés. De petits accidents de lignites terreux se montrent çà et là dans certaines parties; des dépôts plusieurs fois superposés, d'un ensemble de plusieurs couches différentes; des lits de friganes disposés en manteau autour des sommets de collines ou formant des couronnes sur les parties supérieures de leurs flancs, s'intercalant entre les couches compactes ou terreuses ou manquant totalement, sont des exemples d'accidents nombreux qui rendent très difficile l'étude détaillée de ce système, et qui, ne permettant pas d'apprécier le niveau supérieur de la formation, rendent inefficace le nivellement barométrique de leur surface dans la question du relèvement des couches opéré sur une vaste échelle.

Cette disposition si polymorphe des couches qui composent ce terrain et leurs variations à de si petites distances ne peuvent s'expliquer que dans la supposition que les éléments du dépôt étaient fournis par des sources minérales très nombreuses, et qu'ils ne sont nullement le résultat d'un transport par les affluents, qui y auraient certainement amené aussi les éléments de la plupart des roches traversées. Il existe bien sur certains bords du bassin des argiles contemporaines de ce dépôt qui nous indiquent la place des petits cours d'eau de cette époque, mais elles sont limitées sur le

bord même du bassin, et, comme de nos jours, elles s'y sont déposées à l'endroit même où les eaux tranquilles ont arrêté le choc des eaux sauvages, et forcé ainsi ces dernières d'abandonner les détritiques tenus en suspension.

D'une autre part, la prodigieuse abondance des crustacés, les larves aquatiques, les plantes marécageuses, les vertébrés aquatiques ou de marécages qui sont répandus dans diverses parties de l'épaisseur totale et qui y ont certainement vécu, démontrent que la profondeur des eaux n'était pas aussi considérable que semblerait le faire supposer l'épaisseur des sédiments, car tous ces êtres n'auraient pu y vivre; mais que ces eaux étaient superficielles, et qu'elles augmentaient de niveau sans changer beaucoup d'épaisseur à mesure que les éléments argilo-marneux déversés dans leur sein par les canaux thermaux élevaient le fond de leur lit. Peut-être même une étude plus approfondie et plus minutieuse des caractères si remarquables de ce système conduirait à l'opinion émise par M. Bravard dans sa monographie du *Caïnothérium*, qu'il n'existait pas de lac à l'époque de ces sédiments, mais bien des mares d'eau qui se déplaçaient sans cesse par l'élévation rapide de leur fond au-dessus des bords environnants et marécageux. Cette hypothèse, qui nous paraît appuyée par des preuves assez nombreuses, rendrait plus facile l'explication de plusieurs phénomènes qui échappent totalement aux conséquences de l'existence d'une grande masse d'eau dans toute l'étendue du bassin de l'Allier en pénétrant dans celui de la Loire supérieure.

On conçoit donc qu'il est difficile d'apprécier et surtout de faire connaître les différences de développement et les limites des groupes que nous avons signalés : tout ce qu'on peut dire à cet égard, c'est que les calcaires peu marneux, compactes et sonores sont plus abondants dans la partie méridionale aux environs d'Issoire; que les calcaires et marnes fissiles avec *durodyle* sont surtout développés entre cette ville et Clermont, et que c'est là que se trouve quelquefois le lignite en couches terreuses de 0^m,1 au plus; que les calcaires très marneux, délitescents, plus ou moins terreux ou rarement fissiles, sont surtout abondants aux environs de Clermont; que les calcaires granulaires et concrétionnés dominent vers le N. du bassin, et que les couches tubulaires, dites à *indusies*, prennent aussi leur plus grand développement sur ces points où elles sont très riches en fossiles vertébrés et sont excessivement rares au S. de Gergovia et Cournon; les petits dépôts argilo-sableux qui constituent la partie supérieure de la formation sont assez rares et se rapportent à des accidents littoraux : c'est donc sur les bords

du bassin qu'on les rencontre, et ils y ont été souvent considérés comme des lambeaux de diluvium.

Les terrains plus récents appartiennent, comme l'on sait, à deux phénomènes différents : les uns sont des alluvions considérables comblant le fond de quelques vallées ou couvrant des surfaces élevées très étendues ; les autres sont des roches éruptives volcaniques, qui ne s'étendent pas au-delà de Combronde vers le N., et dont il existe à peine des traces dans le département de l'Allier. Nous avons déjà parlé de ces roches, que bien des géologues ont décrites dans la plupart de leurs caractères : nous n'y reviendrons pas aujourd'hui ; mais nous devons parler des alluvions qui s'étendent vers le N. dans ce dernier département, et y couvrant la plus grande partie du sol calcaire, donnent à cette partie de la vallée un aspect différent et une stérilité contrastant avec la richesse des parties supérieures.

La nature essentiellement quartzeuse de ces grands dépôts de sables leur imprime un caractère tout-à-fait particulier, qui ne permet pas de les confondre avec les alluvions essentiellement composées de détritiques volcaniques de l'Auvergne. Elles appartiennent donc à un autre phénomène, dont cependant la partie supérieure de la vallée semble présenter encore des traces, ce qui pourrait faciliter la détermination positive de leur âge. En effet il y existe, sous des basaltes des plus anciens, des dépôts uniquement composés de quartz roulés d'un volume assez petit, à surface souillée par l'oxyde de fer, et qui paraissent antérieurs au moins aux éruptions basaltiques les plus anciennes, appartenant en partie à la période pliocène. Cette détermination est aussi confirmée par les observations faites dans le département de l'Allier, où les alluvions anciennes sont déposées dans les anfractuosités de ce terrain sableux. Malheureusement les seuls fossiles connus sont des mollusques marins et échinodermes, qui ont été transportés à l'état fossile, ce qui complique singulièrement la question de leur origine ; quelques bois silicifiés paraissent se rapporter au *Klædenia quercoides*, Gopp., dont Unger a fait son *quercinium sabulosum*.

Des alluvions anciennes, des attérissements semblables à ceux que nous avons fait connaître dans un précédent mémoire, des limons déposés dans des cavernes ossifères, sont les dépôts de l'époque géologique la plus récente, et renferment des débris de la dernière génération des animaux fossiles. D'après ces descriptions, il est facile de voir que les terrains tertiaires du Bourbonnais sont des dépendances de ceux de l'Auvergne, et s'y rattachent sans interruption en offrant toutes les particularités qui distinguent si bien

la formation lacustre de ce dernier pays ; aussi la plupart des fossiles sont propres à ces deux contrées. Les accumulations des pièces osseuses des vertébrés y présentent aussi les mêmes caractères qu'en Auvergne, et ne permettent pas de supposer qu'elles aient eu lieu par d'autres causes que celles admises par de nombreux géologues pour les cavernes et les alluvions libres fossilifères, c'est-à-dire qu'elles ont été opérées par les carnassiers qui venaient sur ces points dévorer leur proie. Nous renvoyons pour de plus amples renseignements aux monographies de la Montagne de Perrier et du Cainothérium par M. Bravard, et aux recherches sur les ossements fossiles de MM. Croizet et Jobert.

§ 2. *Indication des genres et espèces fossiles de vertébrés, découverts dans les terrains tertiaires et de l'époque diluvienne du Bourbonnais.*

C'est à Cuvier que l'on doit la première indication d'ossements fossiles recueillis dans le département de l'Allier, et consistant en diverses pièces d'oiseaux et en un fémur de *Lophiodon* de Gannat, que de nouvelles recherches ont démontré avoir appartenu à un rhinocéros.

Plus récemment M. E. Geoffroy-Saint-Hilaire a décrit le gisement de Saint-Gérard-le-Puy, où il a trouvé de nombreuses espèces de pachydermes, ruminants, rongeurs, carnassiers, reptiles et oiseaux, encore inconnus pour la plupart.

M. Croizet a signalé, peu après, de nouvelles pièces de la même localité, mais sans les décrire, quelques uns l'ayant été depuis par M. de Blainville.

Plus récemment encore, M. Boulanger, dans sa statistique du département de l'Allier, a donné une liste très inexacte des genres d'après des renseignements erronés qui lui ont été fournis par M. Feignoux, de Cusset.

La belle collection qui m'a été communiquée par M. Poirier m'a offert plusieurs espèces nouvelles et des genres non encore trouvés dans les terrains micacés de la vallée. Je dois aussi à M. Percepied, propriétaire des sources incrustantes de Saint-Nectaire, plusieurs jolies pièces des gîtes de Saint-Gérard exploités déjà par M. Saint-Hilaire, qui me permettront de décrire plus tard avec tous leurs caractères distinctifs les espèces qui constituaient la faune de cette contrée. Comme je l'ai déjà dit plus haut, je me contenterai d'indiquer ici les principaux caractères de ces animaux pour faire apprécier toute l'importance zoologique des découvertes de mes

correspondants, que je prie de vouloir agréer mes remerciements pour leurs bienveillantes communications.

MAMMIFÈRES.

Carnassiers.

Amphicyon. Nous possédons un humérus qui paraît ne pouvoir être attribué qu'à une espèce de ce genre, et peut-être à celle de Digoïn, localité assez voisine des gîtes où a été trouvé notre débris, s'il est vrai que la tête décrite sous le nom d'*Amphicyon minor*, appartenant d'ailleurs à une espèce différente de celle de Sansans ainsi nommée, soit réellement de ce genre, car il n'existe pas de trace apparente de troisième tuberculeuse supérieure.

Canis. Un animal de la même tribu, mais du vrai genre chien, a été aussi trouvé, et déjà anciennement, dans la même contrée, par M. Croizet, qui lui a donné le nom de *Canis brivorostris*; cette espèce ne paraît pas avoir eu de seconde tuberculeuse inférieurement, même sur un jeune sujet où la première n'était pas encore sortie totalement de l'alvéole; ne serait-ce pas quelque chose d'analogue au *Gulo diaphorus* de Kaup et une modification inverse de celle du genre précédent au milieu desquels se placerait le genre chien proprement dit?

Viverra. Le *Viverra antiqua*, décrit par M. de Blainville, a été retrouvé dans le Bourbonnais, par une pièce à peu près semblable à la mâchoire inférieure décrite, et également dépourvue de dents.

Une seconde espèce un peu plus grande ressemble davantage aux vrais *Viverra* par la forme uniradiculée de sa tuberculeuse inférieure; nous lui donnerons le nom de *Viverra primæva*.

Plesictis genetoides. Cette espèce, décrite sous le nom de *Mustela* par MM. de Laizer et de Parieu, doit constituer un genre faisant passage aux genettes, et différant des martes par les formes de sa tuberculeuse supérieure et de sa carnassière inférieure sans salon interne.

Lutra Valetoni E. Geof. St.-Hil. Cette loutre est bien différente de l'espèce vivante de France et de celle fossile de Perrier; mais il ne paraît pas qu'elle puisse constituer un genre comme l'avait fait pressentir M. Saint-Hilaire. Dans l'Ostéographie de M. de Blainville, on trouve, suivant nous, figurés sous le nom de *Lutra clermontensis* un radius de cette espèce et une tuberculeuse du *L. Bravardi* des terrains pliocènes.

Meganthereon brevidens. Les carnassiers de la tribu des félines, qui portent dans le maxillaire des canines tranchantes, appartiennent

nent bien au grand genre linnéen des *Felis* ; mais dans les systèmes actuels de zoologie , on ne va pas trop loin en les érigeant en un genre particulier pour lequel les noms ne manqueront pas , puisque ceux de *Meganthereon*, *Stenodon*, *Machairodus* et *Trepanodon*, ont été déjà proposés. On sait que les espèces aujourd'hui connues sont au nombre de six , savoir : *Felis smilodon* , des cavernes du Brésil, *F. cultridens* , de celles d'Angleterre ; *F. meganthereon* , des terrains pliocènes de l'Arno et d'Auvergne ; *F. cultridens*, des mêmes terrains d'Auvergne ; *Machairodus* , du miocène d'Eppelsheim ; *F. palmidens* , du même âge de Sansan. La septième espèce que nous annonçons se rapproche de cette dernière par plus de brièveté dans la canine , mais le bord postérieur de cette dent est fortement crénelé , et ses dimensions sont bien plus considérables. Nous avons des raisons pour croire que cette espèce avait aussi un menton formé par une apophyse descendante de la mandibule.

Pterodon. Nous plaçons à la suite des carnassiers ce genre extrêmement curieux , qui pourrait avoir appartenu à la sous-classe des Didelphes, comme l'avait fort bien observé Cuvier, d'après des pièces nouvelles , plus entières que celles qu'il en avait d'abord possédées. La dentition en est en effet tout-à-fait semblable à celles du Dasyure thylacine , dans ses caractères essentiels ; les os des membres que nous en possédons ne viennent nullement infirmer ces rapports ; cependant il y a aussi dans la tête osseuse des différences importantes , qui ne nous permettent pas d'affirmer la position du genre parmi les Marsupiaux. Toutefois on peut encore moins le placer parmi les Monodelphes, avec lesquels il n'a aucune ressemblance même éloignée. Nous choisissons ce nom , parmi les trois qui lui ont été donnés , comme le plus convenable et le plus en rapport avec le caractère essentiel du système dentaire. Le *Taxotherium* et le *Hyænodon* ne sont en effet que des êtres non seulement de même genre , mais peut-être aussi de même espèce , comme nous le démontrerons aisément au moyen même des pièces antérieurement connues.

Rongeurs.

Il faudrait ici des figures nombreuses et de trop longues descriptions pour faire connaître les animaux de cet ordre trouvés dans le département de l'Allier ; je me contenterai donc de citer les noms qui leur ont été donnés.

1° *Steneofiber*, E. Geof.-St.-Hil.

2° *Archæomys* , de Lair et de Par.

3° *Mus* ? (Quelques os des membres.)

Pachydermes.

Dinothérium. Les débris de ce genre remarquable de probosciens sont excessivement rares dans la vallée de l'Allier ; on n'en connaît encore qu'une ou deux molaires qui ne laissent aucun doute sur la dénomination de l'espèce, qui est le *D. giganteum*, Kaup. Elles ont été trouvées vers les limites des départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier, et font partie de la collection de M. de Laizer.

Tapir. Une espèce remarquable de ce genre a été trouvée nouvellement par M. Poirier, et se distingue nettement de tous ses congénères vivants ou fossiles par des formes tout-à-fait particulières.

Les espèces fossiles actuellement connues sont au nombre de trois ; l'une, des terrains miocènes d'Eppelsheim, voisine du *Tapir indicus* ; l'autre, plus petite, des terrains pliocènes sous-volcaniques d'Auvergne, plus semblable au *T. americanus* ; la troisième, du Velay, plus petite et plus élancée que la précédente, en est certainement distincte. Les deux précédentes, réunies par M. de Blainville, diffèrent entre elles par de nombreux caractères et surtout par le rapprochement des canines supérieures et des incisives, bien moindre dans le *Tapir priscus* que dans les vivants, plus fort au contraire dans l'*arvernensis* que dans tous ceux connus. Une quatrième espèce, probablement distincte, a été trouvée dans les sables pliocènes de Montpellier (Voy. de Blainville, *Ostéogr. des Tapirs*) ; enfin, la cinquième, des terrains miocènes du Bourbonnais, indépendamment d'une taille bien plus petite, a ses molaires singulièrement étroites transversalement, et des proportions élancées dans ses membres. Nous lui donnerons le nom de *Tapir Poirieri*.

Rhinocéros. Les animaux de ce genre sont nombreux dans les terrains miocènes de la vallée de l'Allier, et appartiennent aux deux sous-genres connus. Trois espèces au moins ont été trouvées dans le Bourbonnais : l'une, se rangeant parmi les *Acérothérium*, était par conséquent dépourvue de cornes sur le nez ; mais sa taille moindre que celle du *Rhinoceros minutus* de Moissac et des différences dans les plis d'émail des molaires supérieures, indiquent une espèce nouvelle à peine plus grande que le *Tapir* des Indes et à membres très élancés ; nous lui donnerons le nom de *Rhinoceros tapirinus*. Une autre, dont nous ne possédons que des fragments imparfaits, est connue par une tête entière découverte à Gannat, qui indique de grandes ressemblances avec le *Rhinoceros Schleiermacheri* et un animal voisin de la grande race de Sumatra par sa taille, par ses

incisives, et portant également deux cornes sur le nez. La troisième, plus petite, de la taille de la petite race de Sumatra, appartient peut-être aussi aux Rhinocéros proprement dits, puisqu'elle paraît n'avoir eu que trois doigts; mais elle diffère de la précédente par des proportions différentes dans les diverses parties de la mandibule.

Anthracotherium. Plusieurs espèces de ce genre éteint ont été trouvées dans le Bourbonnais ou aux environs, et les débris que j'en ai pu étudier sont venus confirmer ce que j'avais dit des affinités de ce genre dans mon travail sur les collines du Teiller et de la Tour-de-Boulade. Les os des membres et du tronc ont de grandes ressemblances avec ceux des cochons et quelques uns aussi avec ceux des *Anoplotherium*, qui ont avec eux de grands rapports dans les détails de forme des arrière-molaires supérieures. L'humérus est percé d'un vaste trou dans la cavité olécrânienne, et sa trochlée est séparée en deux parties par une arête médiane circulaire. Le calcanéum et l'astragale sont presque tout-à-fait semblables à ceux des cochons, et les métacarpiens et métatarsiens indiquent aussi un pied semblable dans la forme et le nombre des doigts qui le composaient.

Je peux signaler une espèce un peu plus petite que le *Tapir Poirierii* connue par des dents et divers os des membres, une autre très élancée connue par un médius, une troisième, enfin, plus grande encore, mais bien plus trapue, caractérisée par un os semblable; comme il serait assez difficile de faire connaître leur caractéristique d'une manière certaine, je renverrai leur dénomination à l'époque de leur description détaillée.

Cainotherium (*Oplotherium* de Laizer). Ce petit genre de pachydermes, que M. Bravard vient de restituer totalement, lie les *Anoplotherium* aux Ruminants, bien plus étroitement encore que ne le font les Dichobunes, avec lesquels il fait famille. On en connaît actuellement cinq ou six espèces qui se retrouvent toutes dans le Bourbonnais et le Puy-de-Dôme en très grande abondance. Une de ces espèces, trouvée par M. Poirier, est venue se joindre aux quatre possédées par M. Bravard, et sera aussi décrite par lui, dans son mémoire réimprimé sur ces animaux, sous le nom de *C. leptorhyncum*.

Ruminants.

Amphitragulus (plusieurs espèces). Nouveau genre de la famille des Chevrotains et des Muscs, déjà cité sous ce dernier nom géné-

rique par M. Croizet, et présentant de singulières ressemblances avec les genres précités et les lamas d'un côté, et de l'autre avec les pachydermes de la famille des *Anoplotherium*.

Les molaires inférieures sont au nombre de sept, dont quatre fausses : celles-ci, plus semblables aux correspondantes des Chevrotains, par plus de simplicité dans la dernière, les autres ayant leurs croissants plus indistincts, leurs pointes plus coniques et obtuses avant la détritition, ce qui leur donne un aspect pachydermoïde. Les supérieures ont les mêmes formes de détail et les mêmes analogies, mais elles reviennent au nombre normal de six, et par contre, la canine est extrêmement développée comme dans le Musc. La tête n'a jamais eu d'appendices aux frontaux.

Les vertèbres cervicales sont dans quelques espèces singulièrement allongées, un peu comme chez les girafes, mais plutôt comme chez les Lamas, et l'omoplate est aussi plus semblable à celle de ces derniers par le prolongement de son acromion en pointe descendant au niveau de la cavité glénoïde, mais plus plate, élargie et moins oblique sur le plan de l'omoplate. L'humérus est semblable à celui des Chevrotains dans son articulation cubitale et le peu de développement de sa crête deltoïdienne, mais il n'est pas percé dans la cavité olécrânienne comme chez ces animaux.

Le cubitus, plus robuste, ne semble avoir dû se souder au radius que dans un âge assez avancé, et son olécrâne est assez court, un peu comme celui des Chevrotains. Le bassin et le fémur ne diffèrent pas sensiblement de ceux des Muscs et Chevrotains, mais le tibia ressemble davantage à celui des premiers en ce que son péronien ne se soude jamais avec lui; il en résulte aussi dans le calcanéum, pour la facette correspondant à cet os rudimentaire, des analogies semblables.

Les doigts des deux pieds dans leurs parties tarsienne et carpienne ont des formes mixtes qui les caractérisent très bien. Le corps des canons est moins grêle que chez les Muscs, mais plus élancé que dans les Chevrotains, dont ils ne portent pas les doigts latéraux complets de même que ceux des Muscs; mais ils diffèrent surtout de ceux-ci en ce que les articulations phalangiennes se rapprochent davantage des formes de certains pachydermes par leur tête plus arrondie, à crête médiane circulaire réduite à une petite apophyse de la partie postérieure. Cette analogie s'augmente dans les phalanges, dont le corps porte de même en dessous deux tubercules pour l'insertion d'un ligament annulaire; caractère propre au seul genre des Muscs dans l'ordre des ruminants.

Cette esquisse rapide des caractères anatomiques de notre genre

démontre suffisamment que ces animaux ne ressemblaient à aucun de ceux de notre faune contemporaine. Mais M. Kaup a donné le nom de *Dorcatherium* à des ruminants à sept molaires portant des bois comme le Chevreuil de Montabusard décrit par Cuvier, lesquels ruminants pourraient avoir appartenu à deux genres différents, l'un identique avec les *Amphitragules*, l'autre avec les Cerfs moschoïdes, qui ont aussi des ressemblances avec les précédents par les formes de leurs molaires, mais non par leur nombre de six aux deux mâchoires, et ces derniers devraient seuls conserver le nom de *Dorcatherium* indiquant des animaux à bois comme les Cerfs.

Il existe en outre dans le bassin de l'Allier, mais plus spécialement dans sa partie supérieure, des ruminants à six molaires, auxquels M. Geoffroy-Saint-Hilaire paraît avoir donné le nom de *Dremotherium*, qui sont malheureusement trop imparfaitement connus pour que nous puissions en parler ici; aucune pièce n'a pu nous indiquer s'ils avaient ou non porté des appendices aux frontaux; ils paraissent aussi avoir des ressemblances avec les Muses et les *Paleomeryx* de Herman von Meyer.

OISEAUX.

On sait quelles sont les difficultés qu'ont offertes jusqu'à ce jour les oiseaux aux paléontologistes pour la détermination des grands genres linnéens. On ne peut, dans la plupart des cas, qu'indiquer l'ordre auquel ils ont appartenu, et établir par les dimensions des rapprochements qui sont ordinairement erronés. Ces considérations nous engagent à ne citer ici cette classe que pour mémoire, en disant que nous avons pu étudier diverses pièces de palmipèdes, échassiers, oiseaux de proie qui ont appartenu à des espèces assez variées, mais indéterminables.

REPTILES.

Chéloniens.

Testudo. Quelques pièces nous ont indiqué l'existence d'une grande *Testudo* que nous avons déjà découverte, avec M. Bravard, dans la partie supérieure du bassin à Bournoucle-Saint-Pierre, et que ce naturaliste a proposé de nommer *T. gigantea*.

Emys. Deux espèces au moins de petite taille existaient dans le Bourbonnais à l'époque tertiaire; nous les nommerons en les décrivant.

Emysaurus (Dum. et Bibr.). Une tortue très voisine de la serpentine, et appartenant au même genre, m'a été envoyée par M. Poirier, et indique une espèce nouvelle parfaitement caractérisée par plus d'allongement dans son plastron, et moins d'ouverture dans l'échancrure des pièces médianes. Nous proposerons pour elle le nom de *Emysaurus Meilheuraticæ*.

Tryonix, espèce assez imparfaitement connue, que nous espérons pouvoir décrire d'après de nouvelles pièces, et que nous nommerons alors.

Sauriens.

Crocodylus. Nous possédons deux âges et de nombreuses écailles d'un crocodile voisin du sous-genre de ce nom que nous proposerons de nommer *C. Ratelii*.

Dracœnosaurus, animal voisin de la dragonne par sa dentition, et probablement aussi par la nature osseuse des écailles que nous lui rapportons.

Batraciens.

Rana. Une ou deux des nombreuses espèces, que nous avons signalées à la Tour-de-Boulade aux environs d'Issoire, se sont aussi trouvées dans le Bourbonnais, dans le gîte exploité par M. Poirier.

POISSONS.

Cyprins? De nombreux pharyngiens, les pièces détachées de toute la tête et des vertèbres récoltés avec les débris précédents (1).

Perca. M. Viquesnel, dans sa note sur les environs de Vichy, a cité une empreinte de perche, dont l'espèce n'a pas été déterminée.

Les terrains meubles du département de l'Allier, appartenant à l'époque diluvienne, sont peu riches en ossements fossiles ou peut-être n'ont pas encore été assez explorés sous ce rapport; mais il existe quelques grottes dont le limon a déjà présenté des débris de vertébrés, qu'on n'a pas non plus récoltés avec tout le soin nécessaire.

(1) M. Agassiz, à qui nous avons montré ces pièces depuis la rédaction de ce qui précède, a reconnu qu'elles se rapportaient à des animaux différents des Cyprins, mais qu'il n'a pas encore déterminés.

Parmi ceux qui m'ont été remis par MM. Poirier et Virlet, j'ai pu déterminer un blaireau, un renard, une marmotte, un cheval, un sanglier, un renne, un cerf (*C. intermedius*), un mouton, un bœuf (*B. primigenius*) et divers oiseaux; ces espèces appartiennent toutes à la faune diluvienne, de même que l'éléphant trouvé dans une caverne aux environs de Diou.

Il y aurait de nombreuses observations à faire sur les ressemblances zoologiques que présentent entre eux les divers gîtes à ossements fossiles des terrains tertiaires de l'Europe occidentale; mais l'étendue de ce travail ne nous permet pas d'entrer dans ces détails, et nous nous proposons du reste de traiter cette question dans l'ouvrage ostéographique que nous publierons sur les fossiles du Bourbonnais.

M. Constant Prévost dit qu'il n'a jamais vu d'exemple incontestable d'un sol découvert, sur lequel des ossements auraient été déposés, et qui ensuite aurait été recouvert par des sédiments réguliers. Dans un cas semblable il devrait y avoir entre les deux dépôts une ligne de séparation bien tranchée qu'il n'a encore observée nulle part. Il croit que le fait cité par M. Pomel n'est qu'une exception qu'il ne faut pas généraliser, le transport des corps organisés et leur dépôt dans les eaux étant le cas ordinaire.

M. Pomel dit qu'à Périers en Auvergne il se présente un fait analogue à celui qu'il vient de décrire; il lui paraît incontestable que les carnassiers y ont apporté les autres animaux et les ont dévorés sur place.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Delesse,

Note sur le talc et la stéatite, par M. Achille Delesse, ingénieur des mines.

Quoique le talc et la stéatite soient des minéraux communs dans la nature, et qui s'y trouvent, sinon toujours en grande masse, du moins dans un assez grand nombre de localités, les minéralogistes ne sont pas d'accord sur leur composition chimique; quelques uns, comme Haüy, Lewy et de Kobell, les regardent même comme des variétés d'une même espèce minérale. J'ai pensé, d'après cela,

qu'il pouvait y avoir quelque intérêt à en essayer de nouvelles analyses.

Talc. — Le talc sur lequel on a opéré provient de Rhode-Island, aux États-Unis; il est d'une pureté parfaite, et il se présente en grandes lamelles verdâtres bien transparentes.

Placé entre deux tourmalines croisées, il fait voir une croix noire dont les branches sont perpendiculaires, et qui traverse un système d'anneaux; mais en inclinant convenablement, on voit paraître les deux branches d'hyperbole, qui montrent que la substance a bien deux axes de double réfraction. M. de Kobell avait déjà constaté ce fait pour le talc et pour les minéraux dans lesquels les deux axes optiques font entre eux un petit angle.

Indépendamment du clivage très facile qu'on observe dans tous les talcs, et qui leur donne une structure lamelleuse, cet échantillon de Rhode-Island présente deux clivages, indiqués par deux systèmes de stries parallèles, suivant lesquelles les lames tendent à se casser; ils font entre eux un angle de $113^{\circ} 30'$: le système cristallin du talc paraîtrait donc être le prisme rhomboïdal droit, sans lequel la base formée par le clivage facile serait un rhombe de $113^{\circ} 30'$.

Au chalumeau, le talc de Rhode-Island présente bien avec les divers réactifs les propriétés du talc, telles qu'elles sont décrites dans les ouvrages de minéralogie. Après calcination, il a une couleur légèrement brunâtre; mais il est d'un blanc d'argent mat quand il a été chauffé à l'abri du contact de l'air; son aspect et ses propriétés physiques sont complètement changés; il s'est exfolié: sa densité, qui était de $2^s,5657$, est, après calcination, de $1,64$; elle a donc diminué de plus du tiers; sa dureté, qui était d'abord représentée par 1, est environ de 6, car il peut alors rayer le verre, quoique difficilement.

Pour l'analyse, on a opéré sur 2 grammes, qui ont été attaqués par 4 fois ce poids de carbonate de soude, et on a pris toutes les précautions connues employées antérieurement par les chimistes qui se sont occupés d'analyses de ce genre.

La magnésie a été dosée directement par une attaque à l'acide fluorhydrique.

Des essais particuliers ont appris que la substance ne renfermait ni fluor, ni potasse, ni alumine; il est possible que ce qui a été pris pour de l'alumine dans ces minéraux ne soit autre chose que de la magnésie, qui, à une première précipitation par l'ammoniaque, est toujours entraînée avec l'oxyde de fer, on peut-être

même un peu de silice restée en suspension dans la liqueur après l'attaque par le carbonate alcalin.

Voici les résultats qui ont été obtenus :

Talc de Rhode-Island.

		Oxygène.	
Silice.	61,75	—	32,079
Magnésie.	34,68	—	12,260
Protoxyde de fer.	4,70	—	0,387
Eau.	4,83	—	4,294
99,96			

Jusqu'à présent, les diverses analyses de talc qu'on a faites diffèrent surtout par la teneur en eau; on pourrait penser d'après cela que cette substance est fortement hygrométrique; mais il est facile de reconnaître qu'il n'en est rien; car, en laissant dessécher le talc de Rhode-Island à 100°, ou dans le vide sous la machine pneumatique, on n'a observé que des pertes insignifiantes, et seulement de quelques millièmes, comme cela a lieu pour tous les minéraux.

De plus, après l'avoir calciné, on l'a mis pendant plusieurs jours dans de l'eau, qu'on a même fait bouillir, et, l'ayant laissé sécher pendant quelque temps par une simple évaporation à l'air libre, on a trouvé dans cette expérience qu'il n'avait pas absorbé la plus légère quantité d'eau, et que son poids n'avait pas varié. Il est donc bien certain, d'après ce qui précède, que l'eau qui entre dans la composition du talc est de l'eau de combinaison.

Si maintenant les analyses présentent des différences notables dans les quantités d'eau, cela tient probablement à ce que la calcination n'a pas été assez forte, car il est facile de constater que le talc supporte une chaleur rouge, même prolongée, et ne perd que quelques millièmes de son eau; de même que les hydrosilicates de magnésie, qu'on trouve dans la nature, il la retient avec beaucoup de force, et il ne m'a pas été possible de la chasser complètement à la chaleur de la lampe à alcool; il était nécessaire d'avoir recours à un bon feu de charbon dans un fourneau de calcination. En le chauffant à la lampe d'émailleur, dans un tube de verre fort, on s'est, du reste, assuré qu'il ne se dégage que de l'eau, et que cette eau n'exerce pas de réaction acide.

Quelques expériences, ayant pour but de rechercher quelle est la perte du talc au feu, ont donné, pour le talc lamelleux vert et argenté de Zillerthel, 4,700, pour un schiste talqueux vert de

Greiner (Tyrol), 5,700 ; ce dernier, il est vrai, n'était pas pur, et, après calcination, on pouvait y observer de petits points verts, qui paraissaient appartenir à de la chlorite ; il résulte donc des expériences qui précèdent que le talc contient 4,5 p. 100 d'eau de combinaison.

Si on cherche à représenter par une formule la composition chimique du talc de Rhode-Island, qui, sauf la teneur en eau, paraît être identique avec tous les talcs dont les analyses sont données dans les traités de minéralogie, on trouve que la forme $2 \ddot{\text{Si}}^4 \text{mg}^3 + 3 \text{mg} \ddot{\text{H}}$ donne des résultats assez approchés ; car on a : 8 at. silice = 63,439, 9 at. mg = 31,928, 3 at. $\ddot{\text{H}}$ = 4,633.

Le talc aurait donc pour expression générale : $\ddot{\text{Si}}^2 (\text{mg} \ddot{\text{H}})^3$; l'oxygène de la silice serait double de l'oxygène des bases ; c'est la formule proposée par M. Berthier, et généralement adoptée pour sa composition.

Mais cependant on trouve dans les analyses, et surtout dans celle du talc de Rhode-Island, que la quantité d'oxygène des bases dans les analyses est constamment plus grande que celle donnée par cette formule ; il est possible que cela tienne à des erreurs sur le poids atomique de la magnésie, et que la formule précédente soit la véritable ; mais, provisoirement, il nous semble convenable d'adopter la suivante : $\ddot{\text{Si}}^5 \text{mg}^6 + 2 \ddot{\text{H}}$, quoiqu'elle soit moins simple ; car elle résulte immédiatement de la comparaison des rapports d'oxygène, et elle s'accorde parfaitement avec les résultats de l'expérience ; le calcul donne en effet :

$$\left. \begin{array}{ll} 5 \ddot{\text{Si}} & . . . 64,939 \\ 6 \text{mg} & . . . 33,346 \\ 2 \ddot{\text{H}} & . . . 4,825 \end{array} \right\} 100,00$$

Le talc serait, par conséquent, un hydrosilicate de magnésie, ayant pour formule $\ddot{\text{Si}}^5 \text{mg}^6 + 2 \ddot{\text{H}}$, ou $3 \ddot{\text{Si}} \text{mg} + \ddot{\text{Si}}^2 \text{mg}^3 + 2 \ddot{\text{H}}$.

M. de Kobell, qui pensait que le talc est un minéral anhydre, avait déjà proposé pour sa formule, $\ddot{\text{Si}}^5 \text{mg}^6$.

Stéatite. — J'ai fait en même temps une analyse comparative du minéral désigné sous le nom de stéatite par M. Beudant, et qui est le *speckstein* de la minéralogie allemande ; on sait qu'il diffère seulement du talc par la propriété qu'il a d'être plus pesant et de

contenir un peu plus d'eau, et d'avoir, en général, une couleur blanche: aussi quelques minéralogistes le regardaient-ils comme une variété de talc compacte. Celui qui a été examiné provenait de Nyntsch, en Hongrie: sa structure est légèrement schisteuse, et sa couleur est le blanc de lait très pur; par son aspect et par toutes ses propriétés, il ressemble à ce qu'on appelle vulgairement la craie de Briançon.

Sa densité est 2,7671; après calcination, elle augmente, elle est de 2,7860; nous avons vu que dans le talc l'inverse avait lieu, et qu'elle diminuait du tiers: or, si la stéatite était un talc compacte, elle devrait diminuer aussi, et par conséquent cette propriété seule de l'augmentation de densité suffit pour démontrer que le talc et la stéatite ne sauraient appartenir à la même espèce minérale.

Après calcination, la stéatite de Nyntsch devient légèrement jaunâtre, et en l'observant à la lampe, on remarque qu'elle présente une composition parfaitement homogène; sa dureté a augmenté, elle est plus grande que celle du talc calciné, et elle est à peu près égale à 6, car la stéatite peut alors rayer le verre avec facilité.

Au chalumeau, le speckstein de Nyntsch se gonfle et s'exfolie; il devient d'un blanc plus mat, et il est moins doux au toucher, puis il se frite légèrement sur les bords minces, comme cela a lieu pour le talc; avec le nitrate de cobalt, il donne une couleur rose-lilas, sale sur la partie extérieure de la pièce d'essai qui reçoit directement l'action de la flamme, tandis que cette couleur est très pure à l'intérieur.

Il n'est pas attaqué par l'acide hydrochlorique, mais il est décomposé cependant par une longue ébullition avec l'acide sulfurique.

Il me semble que cette propriété du speckstein de n'être pas attaqué par l'acide hydrochlorique ne permet pas de supposer, comme l'a fait M. Lychnell, qu'il est formé de silicate neutre de magnésie, *Si mg*, mélangé avec de l'hydrate de magnésie.

Pour l'analyse, on a suivi la même marche que pour le talc, et on a obtenu:

			Oxygene.	
Silice.	64,85	--	33,690	— 15
Magnésie.	28,53	— 11,042	11,353	— 5
Protoxyde de fer.	1,40	— 0,331		
Eau.	5,22	—	4,52	— 2
	100,00			

En jetant les yeux sur cette analyse, on voit qu'il résulte de la composition chimique aussi bien que de l'accroissement de densité par la chaleur, que la stéatite est un minéral qui diffère du talc.

Dans plusieurs expériences, ayant pour but de rechercher la perte au feu de quelques variétés de stéatite et de stéatites talqueuses, on a obtenu les résultats suivants :

Stéatite compacte, un peu lamelleuse, d'un blanc de lait (Briançon).	4,80
Stéatite compacte, et plus lamelleuse que la précédente, d'un blanc de lait un peu translucide.	4,80
Stéatite talqueuse, d'un blanc verdâtre, lamelleuse, transparente, et contenant de la pyrite de fer du Tyrol.	4,85

La perte au feu diffère, pour ces trois substances, de celle qui a été obtenue pour la stéatite de Nyntsch; mais la calcination a fait voir qu'elles ne sont pas des minéraux simples, et qu'elles constituent des roches, ayant une structure analogue à celle du *gneiss*: la masse est formée de stéatite, et les parties feuilletées paraissent être du talc en lamelles; la stéatite de Nyntsch est la seule dont la couleur soit restée bien homogène après calcination, et qui ait paru, par cela même, constituer véritablement un minéral.

On a constaté, comme pour le talc, que l'eau de la stéatite est bien de l'eau de combinaison; il faut donc nécessairement en tenir compte dans la formule: or, la comparaison des rapports d'oxygène dans l'analyse ci-dessus montre qu'on a à peu près les rapports 2, 5, 15, qui conduisent à la formule suivante: $5 \text{ Si } mg + 2 \text{ H}$.

La stéatite est donc différente du talc, et elle constitue un minéral formé de silicate neutre de magnésie, combiné avec de l'eau dans la proportion atomique de 5 à 2.

Le calcul de la formule précédente s'accorde, du reste, bien avec les résultats obtenus directement par l'analyse, car on a :

$$5 \text{ Si} = 65,561. \quad 5 \text{ mg} = 29,321. \quad 2 \text{ H} = 5,108.$$

Origine du talc et de la stéatite. — La présence d'une quantité d'eau notable, entrant comme partie constituante dans le talc et dans la stéatite, est un fait qui nous semble avoir quelque importance au point de vue géologique, et duquel on doit nécessairement tenir compte dans toutes les hypothèses qu'on peut faire pour expliquer son origine.

Bien qu'il soit très difficile d'éclairer un sujet aussi délicat, et dans lequel un champ si vaste est ouvert aux conjectures, nous ferons observer que la présence de l'eau ne permet pas d'admettre que les roches talqueuses et stéatiteuses soient le produit d'une action plutonique proprement dite, analogue à celle qui a donné naissance aux granites et aux porphyres; mais comme cette eau ne se dégage pas à la chaleur rouge, rien n'empêche de concevoir qu'elles aient été formées par une action volcanique: il est même certains faits qui paraissent prouver l'intervention de la chaleur; on peut citer, par exemple, la présence dans le talc, et principalement dans celui du Tyrol, de phosphate de chaux, qui a souvent la forme ellipsoïdale qu'affecterait une goutte d'une matière à demi liquide si elle avait été pressée entre les feuillets d'une substance à structure schisteuse. La collection de M. Adam offre un très bel échantillon sur lequel ce fait peut être observé: or, la pression a bien pu faciliter la liquéfaction de la chaux phosphatée, mais comme elle est très difficilement fusible, il est nécessaire aussi d'admettre l'action de la chaleur.

Les roches talqueuses ont donc été produites par une action *mixte*, et elles ont été formées à la fois par *voie aqueuse* et par *voie ignée*.

Quelles sont maintenant les hypothèses qu'on peut admettre pour expliquer leur formation? Les volcans actuels présentent bien, il est vrai, dans leur éruption des dégagements de vapeur d'eau; mais le mode de gisement des roches talqueuses et leur nature font voir que, si c'est une action volcanique ancienne qui leur a donné naissance, elle a dû, dans tous les cas, être toute différente de celle qui existe de nos jours, et qu'elle ne saurait même nullement lui être comparée.

On pourrait supposer aussi qu'à des dégagements de vapeur d'eau sont venues se joindre des émanations magnésiennes, et que le talc et la stéatite, après avoir pris naissance dans l'intérieur de la terre, sont apparus tout formés à la manière des roches ignées; mais cette hypothèse, d'ailleurs un peu hardie, est impossible à concilier avec l'infusibilité du talc, et surtout avec certains faits bien constatés dans les Alpes; en effet, des observations nombreuses faites par Saussure, Brochant-de-Villiers, d'Aubuisson-des-Voisins, et, dans ces derniers temps, par M. Gras (1), ont montré que la

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2^e série t. I^{er}, introduction à un *Essai sur la constitution géologique des Alpes de la France et de la Savoie*.

stéatite et les roches talqueuses présentent une stratification très distincte ; de plus, elles sont fréquemment intercalées dans des terrains stratifiés, contenant des couches calcaires avec fossiles ; il n'est pas moins certain qu'elles les recouvrent souvent complètement.

D'après cela, il nous semble préférable d'admettre que le schiste et le gneiss talqueux ou stéatiteux, la protogyne et toutes les roches analogues ont été formées par voie de *métamorphisme*, à la manière des dolomies, c'est-à-dire qu'elles auraient été produites, comme on peut l'observer pour les dolomies des terrains stratifiés, par des émanations magnésiennes aqueuses, ou même simplement par l'action de dissolutions chargées de sels de magnésie. A cette action se serait jointe celle de la chaleur, soit qu'elle fût intervenue postérieurement, soit, ce qui est plus probable, qu'elle eût accompagné les émanations magnésiennes. Cette dernière hypothèse me paraît être à peu près la seule qui puisse rendre compte de la présence de l'eau, de la stratification observée dans les roches talqueuses, de leurs relations de position dans les Alpes, ainsi que de leurs caractères *mixtes*, qui leur assignent une origine à la fois *ignée et aqueuse*.

Séance du 16 mars 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Raulin, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. MERLIN, capitaine du génie, à Paris, rue de Bondy, 58, présenté par MM. Le Blanc et Curtet.

Le Président annonce ensuite une présentation,

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de MM. R.-I. Murchison, de Verneuil et A. de Keyserling, *Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural* ; 2 vol. in-4^o, avec cartes, coupes et planches. Londres, 1845.

De la part de M. Alcide d'Orbigny, *Mollusques vivants et fossiles, ou Description de toutes les espèces de coquilles et de mollusques, classées suivant leur distribution géologique et géographique*; texte et planches, 1^{re} livraison. Paris, 1845.

De la part de M. Jules Marcou, *Notice sur les différentes formations jurassiques dans le Jura occidental* (extrait du III^e vol. des *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*); in-4^o, 22 p. Salins, 1846.

De la part de M. Ch. Bouchacourt, *Mémoire sur l'industrie métallurgique de la province de Murcie (Espagne)* (extrait de la *Revue scient. et indust.*); in-8^o, 50 p., 1 pl. Paris, 1846.

De la part de M. Hardouin Michelin, *Accounts, etc., of British Museum*; in-fol., 9 p. London, 1845.

De la part de M. John Morris, *A catalogue of British fossils* (Catalogue des fossiles de la Grande-Bretagne); in-8^o, 222 p. Londres, 1843.

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants*; février 1846.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1846, 1^{er} semestre, nos 9 et 10.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. V, n^o 25, janvier 1846.

L'Institut, 1846, nos 635 et 636.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} sem., nos 18 à 21.

Le Mémorial encyclopédique, janvier 1846.

Bulletin de la Société d'agriculture, sciences, arts et commerce du Puy; t. III, 8^e livraison, 1846.

Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève. Archives des sciences physiques et naturelles; n^o 1, 15 février 1846.

Philosophical Transactions of the royal Society of London for 1845; part. 11.

Proceedings of the royal Society of London; 1845, n^o 61.

Address, etc. (Discours prononcé par le marquis de Northampton à la réunion anniversaire de la Société royale de Londres, le 1^{er} décembre 1845); in-8^o, 22 p. Londres, 1846.

The royal Society, etc. (Liste des membres de la Société royale de Londres, au 30 novembre 1845); in-4^o.

The Athenæum, 1846, nos 958 et 959.

The Mining Journal, 1846, n° 550.

El pensamiento de la nacion; 25 febr. 1846, n° 108.

M. de Verneuil présente à la Société, au nom de M. Murchison, du comte de Keyserling et au sien, l'ouvrage qu'ils ont publié récemment et qui a pour titre : *Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural*; puis il en donne une analyse qui peut être résumée de la manière suivante :

Le premier volume, écrit en anglais, se compose de deux parties, dont la première est consacrée à la structure physique et à la géologie positive de la Russie d'Europe, la seconde à la description détaillée de la chaîne de l'Oural. Cette division naturelle résulte des caractères mêmes du pays. Il existe, en effet, au point de vue géologique, le contraste le plus frappant entre les régions plates ou peu élevées qui constituent la Russie proprement dite, et les montagnes qui la séparent de la Sibérie. Quand on parcourt les vastes plaines de la Russie, on trouve partout, excepté dans la contrée du Donetz, les roches les plus anciennes dans un état tendre ou faiblement agrégé, en couches horizontales, et ne présentant presque aucune trace de soulèvement ni de métamorphisme. Dans la chaîne de l'Oural, au contraire, le terrain paléozoïque a subi les plus violentes dislocations; les couches sont redressées, plissées, souvent même renversées; les calcaires deviennent durs, compactes, et perdent cette blancheur qui les rend si remarquables dans les plaines. Les schistes argileux et les grauwackes remplacent les argiles ou les grès friables, et ce n'est que par les fossiles dont quelques espèces sont communes aux deux contrées qu'on peut établir le parallélisme des couches.

La première partie commence par une introduction dans laquelle, après avoir signalé les progrès récents de la classification des dépôts paléozoïques en Angleterre, les auteurs entrent dans quelques généralités sur son application aux diverses parties de l'Europe occidentale, et expliquent comment le désir de la mettre pour ainsi dire à l'épreuve, en l'étendant à de plus vastes contrées, les a conduits à explorer la Russie.

Pour ne pas s'écarter de leur plan général, qui était de décrire tous les terrains en s'élevant des plus anciens aux plus récents, les auteurs ont commencé par une esquisse de la Scandinavie, car c'est là que se trouvent, en effet, les roches fondamentales sur lesquelles s'est déposé le système silurien. Les couches les plus infé-

rieures de ce système, caractérisées en Suède comme en Russie, par l'*Asaphus expansus*, l'*A. Buchii*, l'*Illænus crassicauda*, et les *Echinosphærites*, reposent, dans la presque île scandinave, sur des gneiss ou des schistes plus anciens, que les auteurs nomment roches *azoïques*. Ces dernières ne renferment aucunes traces de fossiles, et il est assez probable qu'elles sont antérieures à la première apparition des êtres animés. Elles sont, en effet, complètement discordantes avec le système silurien inférieur, qui par ses débris organiques est l'équivalent des plus anciennes couches fossilifères connues, c'est-à-dire, de celles que M. Sedgwick désigne en Angleterre sous le nom de *protozoïques*.

Un des résultats les plus importants de l'étude comparative que les auteurs ont faite du système silurien en Suède et en Russie, c'est que, vu sur une grande échelle, il se divise en deux étages dont les caractères paléontologiques sont assez tranchés. L'étage inférieur s'étend depuis la première apparition des êtres organisés jusqu'aux argiles et aux calcaires de l'île de Gothland exclusivement. L'étage supérieur, peu développé en Russie (excepté dans l'Oural), comprend particulièrement les dépôts des îles de Gothland et d'Oesel, qui représentent les calcaires de Wenlock et de Ludlow.

Aux environs de Saint-Petersbourg, le système dévonien succède immédiatement à l'étage inférieur du système silurien, et se reconnaît de prime abord par le grand nombre de poissons qu'on y rencontre. Ces fossiles, dont plusieurs sont identiques avec des espèces du vieux grès rouge d'Ecosse, se trouvent associés à des mollusques analogues à ceux des calcaires du Devonshire ou des bords du Rhin, et viennent confirmer ainsi le parallélisme que les auteurs du système dévonien ont établi entre ces couches (1).

M. de Verneuil appelle ensuite l'attention de la Société sur le grand développement du système dévonien en Russie; il le montre d'un côté se prolongeant jusque vers Voroneje, et séparant ainsi la formation carbonifère du Donetz de celle de la Russie centrale, et de l'autre s'étendant vers les monts Timans, le bassin de la Petchora et la mer Glaciale. Dans ces régions boréales, il se

(1) M. de Verneuil a découvert récemment dans l'Eifel des débris d'*Asterolepis*, de *Coccosteus* et de plusieurs autres genres, associés aux coquilles si bien connues de cette contrée; l'un de ces échantillons, envoyé à M. le professeur Agassiz, a été décrit par lui dans sa *Mono-graphie des poissons du système dévonien*, sous le nom d'*Asterolepis Hœninghausii*.

présente à peu près avec les mêmes caractères que dans les provinces baltiques ou dans le Valdaï, et ne participe pas encore au type si différent qu'il offre dans l'Oural. Il paraît s'y diviser en deux étages assez distincts, savoir, les marnes rouges à poissons, et plus bas des schistes et des calcaires à goniatites tout-à-fait semblables à ceux d'Oberscheld dans le Nassau, ou de Grund dans le Harz.

Le système carbonifère se divise, en Russie, en deux régions naturelles. Dans le nord et le centre du pays, il est composé de couches horizontales de grès friables et d'argiles noires, contenant çà et là un peu de charbon, surmontées de calcaires tendres, blanchâtres, et quelquefois magnésiens. Dans le sud, au contraire, c'est-à-dire dans la contrée du Donetz, il est fortement disloqué, et offre, comme dans le nord de l'Angleterre, des couches de bon combustible qui alternent avec des calcaires gris, compactes, chargés de fossiles marins.

Au-dessus du système carbonifère se déploie un vaste et puissant ensemble de dépôts (*Système permien*), qui occupe à lui seul dans le gouvernement de Perm et les gouvernements voisins une superficie plus grande que celle de la France entière. Appuyées sur les flancs de l'Oural, les couches permiennes ne pénètrent pas dans l'intérieur de cette chaîne, elles sont relevées sur certains points, ne le sont pas en d'autres, et leur allure générale donne lieu de penser que le premier redressement de l'Oural est antérieur à leur dépôt, et s'est effectué à la fin de l'époque carbonifère. Leur composition minérale varie beaucoup, suivant les points où on les observe. Dans toute la partie de l'Oural qui servait de rivage à la mer permienne, et jusqu'à 200 et 250 kilomètres à l'O. de cette chaîne, les roches prédominantes sont des conglomérats et des grès rouges, avec du minerai de cuivre carbonaté disséminé. Le cuivre est souvent concentré dans des couches remplies de bois fossile. Dans le centre du bassin ainsi que vers ses limites septentrionales et occidentales, les grès sont remplacés par des marnes rouges. A divers niveaux dans ce puissant système sont répartis des dépôts de gypse et de sel, ainsi que des calcaires, tantôt marneux et tantôt magnésiens. En général, les calcaires et les gypses sont à la base; les grès, les conglomérats et les marnes à la partie supérieure. Par sa position stratigraphique et par ses fossiles, cette succession de dépôts correspond aux formations qui, chez nous, remplissent l'intervalle entre le terrain houiller et le trias. Elle embrasse ainsi les formations connues dans l'Europe occidentale sous les noms de *Rothe todte liegende*, de *Kupfer Schiefer*, de *Zechstein* et de *grès des Vosges*, et comme elle est plus largement développée en Russie que partout ail-

leurs, et qu'en même temps la série des couches ne s'y présente pas dans le même ordre qu'en Allemagne ou en Angleterre, les auteurs ont cru devoir lui donner le nom de *système permien*, qui, comme ceux déjà usités dans le terrain paléozoïque, est dérivé du pays où l'ensemble des dépôts est le plus complet et le mieux caractérisé.

Passant aux formations secondaires, M. de Verneuil signale les difficultés que l'on éprouve à reconnaître en Russie les véritables représentants du trias. D'après le petit nombre de fossiles que le comte de Keyserling a trouvés au mont Bogdo, il y a lieu de croire cependant que cette formation existe dans l'empire russe, et il ne serait pas impossible que certains grès ou marnes rouges des gouvernements d'Orenbourg et de Vologda représentassent le *bunter sandstein*.

Si le trias semble presque disparaître en Russie, le terrain jurassique s'y reconnaît au contraire très facilement à ses fossiles. Il occupe une assez grande superficie, et les auteurs le suivent dans les gouvernements de Tver, de Moscou, de Wladimir, de Simbirsk et de Saratof, où il forme un vaste bassin dont les diverses parties sont peu discontinues. Un autre bassin s'étend des bords du Volga près de Kostroma jusque vers les limites orientales du gouvernement de Vologda du côté de Ust-Sisolsk. Enfin ce même terrain constitue le sol d'une grande partie des *toundras* ou plaines marécageuses du bassin de la Petchora et du littoral de la mer Glaciale. Dans la Russie centrale, sa partie inférieure est composée de quelques couches pisolithiques, surmontées par des grès verts et des argiles foncées qui renferment des bancs subordonnés de calcaire argileux bleuâtre. La partie supérieure est constituée par un grès quartzeux assez épais de couleur gris clair, ordinairement sans fossiles, mais dans lequel cependant on a trouvé récemment quelques plantes et quelques mollusques (1). Ce qu'il y a de bien re-

(1) C'est par erreur que les auteurs ont attribué à M. Frears, de Moscou, la découverte de ces débris organiques. D'après une lettre que ce savant vient d'écrire à M. de Verneuil, la première plante a été trouvée dans les grès de Tatarovo, près de Moscou, par un étudiant qui accompagnait le professeur Rouiller. Les autres ont été envoyées de Klenkova, près de Klin, au docteur Auerbach. Depuis lors, M. Frears en a trouvé, non seulement dans ces deux localités, mais encore à Vidkina et à Kotelniki, à 45 verstes de Moscou, sur la route de Columna. Là, les plantes sont accompagnées de plusieurs coquilles, telles qu'*Ammonites catenulatus*, *A. jason*, *Trigonia clavellata*, identiques avec les espèces de Karoshovo, en sorte qu'il ne peut rester le moindre doute sur l'âge de ces grès.

marquable, c'est que l'*Ammonites cordatus* et plusieurs autres fossiles de l'étage oxfordien se trouvent dans les couches les plus basses, en sorte que le lias et l'oolite inférieure n'ont pas de représentants. Il y a donc une lacune assez considérable dans l'échelle des terrains, et cette lacune est d'autant plus importante à signaler qu'elle coïncide avec l'existence encore problématique du trias.

La craie ne se montre en Russie qu'au sud de l'axe dévonien qui traverse la partie centrale de l'empire. C'est une des formations les plus répandues dans les gouvernements méridionaux ; mais elle ne dépasse pas au nord le gouvernement de Simbirsk. Elle occupe une assez large zone du côté d'Uralsk, et s'étend aussi en Crimée. M. de Verneuil fait particulièrement remarquer que, dans cette immense étendue de pays, la craie se présente toujours sous la forme de calcaire blanc avec silex, de calcaire gris, d'argile siliceuse et de grès, c'est-à-dire avec les caractères du terrain crétacé du nord de l'Europe. Nulle part elle n'affecte le type si différent qu'on lui connaît dans l'Europe méridionale, en Afrique et en Asie, et qu'on désigne sous le nom de type méditerranéen.

Le calcaire nummulitique qui, en Crimée, repose sur la craie blanche à *Belemnites mucronatus*, ne se montre nulle part ailleurs en Russie.

Passant ensuite au terrain tertiaire, M. de Verneuil signale la distribution de ses différents étages en allant du nord au sud. Le grand axe granitique qui s'étend de la Wolhynie jusqu'au Donetz paraît être la ligne de partage entre les groupes éocène et miocène. Ce n'est, en effet, qu'au N. de cette zone qu'on trouve des dépôts éocènes (1). Le terrain tertiaire qui, dans les parties du plateau wolhyni-podolien étudiées par M. Dubois de Montpéroux, paraît être la continuation des dépôts miocènes de la Transylvanie et de l'Autriche, prend un aspect assez différent à mesure qu'on s'avance à l'est vers Kischeneff, Marioupol et Taganrog. Enfin un dépôt plus vaste et plus considérable encore lui succède ; c'est celui que les auteurs ont nommé *aralo-caspien*, comme ayant été formé sous les eaux d'une mer qui occupait principalement les bassins

(1) Quoiqu'on ait colorié sur la carte une grande surface recouverte de *diluvium*, comme appartenant à l'époque éocène, on sait qu'il s'y trouve aussi des dépôts plus récents, et l'intention des auteurs a été seulement de faire voir qu'au nord de la zone granitique indiquée, il existe des dépôts tertiaires anciens, dont les fossiles diffèrent de ceux du grand bassin miocène qui embrasse le sud de la Pologne, la Wolhynie, la Podolie et la Bessarabie.

actuels de la mer Caspienne et de la mer d'Aral. Cette immense nappe d'eau, dont les deux mers que nous venons de citer ne sont que des restes, s'étendait jusqu'au rivage occidental de la mer Noire, et n'avait aucune communication avec la Méditerranée ou l'Océan. C'est à sa position de mer intérieure et fermée qu'est dû le caractère particulier de la faune qui la peuplait, et que rappellent encore les animaux qui vivent aujourd'hui dans la mer Caspienne. Comment cette grande masse d'eau s'est-elle en partie écoulée pour ne laisser que les mers actuelles? Comment les calcaires qui s'y sont déposés et qui forment presque toute la côte septentrionale de la mer Noire sont-ils aujourd'hui à deux ou trois cents pieds au-dessus du niveau des eaux? C'est ce qu'il semble impossible d'expliquer autrement que par des mouvements du sol qui auraient à peine dérangé l'horizontalité des couches. L'émergence d'une grande partie de la Russie à la fin des périodes tertiaire et diluvienne paraît avoir été le résultat de ces phénomènes.

La communication des eaux de la Méditerranée avec le bassin occupé aujourd'hui par la mer Noire a eu pour effet de donner à la faune de celle-ci un caractère plus ou moins océanique, mais certainement très différent de celui qu'avait la faune aralo-caspienne. Il en est résulté cette anomalie que, bien que les rivages de la mer Noire soient formés de dépôts pliocènes, il n'y a cependant pas une seule espèce commune entre les coquilles que l'on y trouve à l'état fossile et celles qui vivent dans la mer actuelle.

Après l'écoulement des eaux du grand bassin aralo-caspien, la dépression qui forme la Caspienne de nos jours ne prit pas immédiatement les contours que nous lui voyons. Les eaux couvrirent longtemps encore au nord les steppes des Kalnoucks, et s'étendirent même jusqu'au-delà de Simbirsk. Ces plaines basses, où l'on trouve çà et là des coquilles qui vivent encore aujourd'hui dans la Caspienne, ressemblent tout-à-fait à un fond de mer récemment sorti des eaux. Pallas avait bien reconnu les caractères de cette dépression, et en avait déterminé avec assez d'exactitude les rivages anciens dessinés au N.-O. par les falaises élevées de la rive droite du Volga, depuis Spask jusqu'à Tzaritzin.

M. de Verneuil jette ensuite un coup d'œil rapide sur la distribution du terrain erratique en Russie, et en indique les limites telles qu'elles sont tracées sur la carte qui accompagne l'ouvrage. Il fait voir que les points extrêmes où les blocs scandinaves ont été transportés, souvent éloignés de 1,000 kilomètres du lieu de leur origine, forment des sinuosités en rapport avec le relief du sol, et que c'est principalement par les vallées du Don et de la Desna que

les détritiques ont pénétré le plus loin vers le sud. Il appuie sur ce fait important, que tous les matériaux du terrain de transport de la Russie proviennent de la Scandinavie ou de la Finlande, d'où ils semblent s'être répandus en rayonnant. L'Oural, qui, comme pays de montagne, a un relief bien plus prononcé, ne présente qu'un *diluvium local*. Les auteurs en concluent que des parties considérables de la Scandinavie et de la Russie d'Europe, ainsi que le nord de l'Allemagne, étaient alors sous les eaux de la mer, tandis que l'Oural et les pays limitrophes étaient déjà émergés. M. de Verneuil trouve dans ces faits la preuve de l'inefficacité des glaciers comme cause première du terrain de transport de la Russie; car l'Oural aurait dû avoir des glaciers plus considérables que la Finlande, et contribuer à la formation du diluvium dans une plus large proportion. Au reste, la distance à laquelle ces dépôts se sont étendus à travers des pays peu accidentés et éloignés de hautes montagnes exige une action d'une autre nature que celle des glaces terrestres.

La deuxième partie de l'ouvrage est consacrée à l'Oural, que les auteurs ont traversé sur huit points différents, et dont ils donnent une carte géologique spéciale. Cette chaîne, bien que n'atteignant que des hauteurs de 5 à 6,000 pieds; forme un des traits principaux du relief du globe, à cause de sa continuité et de sa direction presque rectiligne. Depuis le détroit de Vaigatz jusqu'à Orsk, elle comprend environ 18° de latitude et s'écarte peu de la méridienne.

L'axe de la chaîne est ordinairement composé de schistes talqueux ou chlorités, et de quartzites que les auteurs rapportent au système silurien inférieur, à cause de quelques débris de fossiles qu'ils y ont trouvés. Ce sont les roches les plus anciennes de l'Oural, où il n'y a rien que l'on puisse comparer aux gneiss et aux granites de la Scandinavie. Les granites de cette chaîne sont plus récents, et, rejetés sur son versant oriental, ils n'en forment pas les principales sommités. C'est aussi de ce côté que se trouvent la plupart des roches ignées et les riches filons métallifères qui les accompagnent, ainsi que les alluvions aurifères. Mais si pour le mineur le versant oriental a plus d'attrait, le versant occidental offre au géologue une succession stratigraphique plus complète et plus claire. Le calcaire carbonifère et les grès ou les schistes qui lui sont associés s'y distinguent assez facilement des systèmes dévonien et silurien.

Les terrains secondaires ne pénètrent pas dans l'Oural. Partout où le terrain jurassique s'en approche soit au nord, vers le 64° de latitude, soit au sud près de Tanalyzk et d'Orenbourg, il conserve

toujours son horizontalité. Il n'y a donc pas de doute que le premier redressement de l'Oural, celui auquel il doit sa direction principale, n'ait précédé l'époque jurassique. Il y a même lieu de penser, comme on l'a déjà dit, qu'il est antérieur aux dépôts permien. D'autres mouvements ont eu lieu sans doute après l'accumulation des grès cuivreux de Perm, mouvements assez violents pour modifier la position de l'axe et la ligne de partage des eaux ; car les gîtes de cuivre d'où ont dû découler les eaux cuprifères qui ont imprégné les dépôts permien situés à l'ouest de l'Oural, sont tous aujourd'hui placés sur le versant oriental.

La paléontologie de la Russie a été traitée avec tout le développement que comportaient l'étendue du travail et l'état actuel de cette partie de la science. La description géologique de chaque grand système de couches est toujours accompagnée d'une revue générale des fossiles principaux qu'on y trouve, et lorsque avec le système permien s'est fermée la grande période paléozoïque, les auteurs ont cherché à présenter une idée générale de l'ensemble du règne animal à cette époque, et des diverses transformations qu'il avait subies jusqu'alors. Les polypiers confiés à M. Lonsdale sont décrits avec beaucoup de sagacité dans un appendice du premier volume.

Le second volume est entièrement consacré à la paléontologie, et contient la description et la figure de plus de 400 espèces. La description des fossiles paléozoïques en occupe près des quatre cinquièmes. Afin d'arriver à la plus grande précision possible dans les déterminations, les auteurs se sont aidés des lumières des hommes les plus compétents dans chaque branche. Se réservant ce qui concernait le terrain paléozoïque, ils ont confié l'examen des fossiles jurassiques et crétacés à M. A. d'Orbigny, l'étude comparative des poissons à M. Agassiz, et celle des plantes à MM. Ad. Brongniart et Morris. M. de Verneuil cite encore parmi les personnes qui ont contribué à cet ouvrage M. Owen, à qui l'on doit des observations intéressantes sur la structure des dents des poissons du genre *Dendrodus* et sur les caractères de certains mammifères, M. le lieutenant Kokcharof, le compagnon de voyage des auteurs, qui a dressé une table des minéraux de l'Oural, insérée à la fin du premier volume, et enfin M. le vicomte d'Archiac, dont les conseils leur ont été souvent utiles pendant le cours de la publication. M. de Verneuil se félicite de pouvoir en terminant leur exprimer ses remerciements.

M. Boubée met sous les yeux de la Société des fragments de

calcaire noir de transition des Pyrénées, et de calcaire siliceux de Fontainebleau, présentant sur l'une de leurs faces de nombreuses cavités assez profondes, séparées par des cloisons minces, très délicates, à bords extrêmement tranchants. Beaucoup de ces trous renferment des Hélices vivantes; il y a même des cavités plus petites, près desquelles se trouvent des Clausilies. M. Boubée n'hésite nullement à attribuer le creusement de ces cavités à ces deux genres de mollusques.

M. Deshayes fait remarquer que dans le calcaire siliceux de Fontainebleau il y a de petites tubulures qui se joignent aux grandes, ce qui ne peut s'expliquer dans l'hypothèse de M. Boubée. D'ailleurs les Hélices et tous les mollusques terrestres n'ont pas d'instrument propre à perforer; ils ne possèdent qu'une dent cornée, qui s'use lentement et ne se renouvelle pas, avec laquelle les grandes espèces ne peuvent même pas entamer l'épiderme des fruits lorsqu'il est un peu résistant; toutefois cette espèce de tarière fût-elle calcaire, elle aurait fort peu d'action sur les roches calcaires. D'un autre côté, les sécrétions sont alcalines, ainsi qu'on peut s'en assurer en faisant marcher des Hélices sur des papiers réactifs. Enfin les Hélices sont des animaux qui voyagent au hasard, et il est plus que probable qu'elles ne font pas de trous pour se loger, mais qu'elles profitent seulement de ceux qu'elles rencontrent sur leur chemin, surtout pour leur hivernage.

M. Boubée croit que les mollusques terrestres peuvent sécréter des acides dans certaines circonstances, et que la corrosion a lieu par dissolution et non par frottement. Il dit que, dans le calcaire des Pyrénées, les trous ont exactement la forme des coquilles, et qu'on y reconnaît la place de l'ombilic, des tours et de la bouche.

M. Lecoq, professeur d'histoire naturelle à Clermont-Ferrand, lit le résumé d'un long Mémoire qui a pour titre :

Des climats solaires et des causes atmosphériques en géologie. Recherches sur les forces diluviennes indépendantes de la chaleur centrale, et sur les phénomènes glaciaire et erratique.

Il résulte des faits nombreux groupés dans ce Mémoire qu'in-

dépendamment de la chaleur centrale, les climats solaires auraient eu une très grande influence sur les phénomènes géologiques et sur la distribution géographique des êtres organisés, aux différentes périodes de leur existence.

Il est très difficile de concilier les faits géologiques résultant d'une augmentation de température avec une cause permanente, telle que serait l'effet produit par l'émission de la chaleur centrale. Il y a eu, pendant la période équatoriale des zones actuellement glaciales et tempérées, des alternatives dans les saisons, et, par suite, des phénomènes très remarquables dus à la différence de température entre l'été et l'hiver.

Tout en reconnaissant la théorie du feu central, il est impossible de ne pas admettre aussi que le soleil était autrefois plus chaud que de nos jours. Mais, quoique très intense à cette ancienne époque, l'action solaire était évidemment masquée par l'incandescence extérieure du globe.

Dès le commencement du dépôt des terrains de sédiment fossilifères les climats se sont manifestés sur notre planète, mais faiblement et dominés par la température propre de la terre. L'influence solaire est devenue de plus en plus sensible, et dès l'époque houillère, et à plus forte raison pendant la période du trias, elle influençait déjà les êtres vivants suivant les latitudes.

A la période jurassique ou oolitique, ou au moins à l'époque de la craie, les climats solaires ont acquis leur indépendance presque complète, et l'action de la chaleur intérieure de la terre a cessé de se manifester au dehors d'une manière sensible pour les êtres vivants et pour les phénomènes atmosphériques. Ainsi, à part les actions plutoniques accidentelles, telles que les soulèvements, les tremblements de terre, les eaux minérales, etc., qui n'ont cessé de se montrer depuis les temps les plus reculés jusqu'à l'époque actuelle, l'action solaire a produit tous les phénomènes géologiques depuis la craie, et peut-être même depuis l'oolite, jusqu'à nos jours.

En accordant au soleil, et non au feu central, comme on a coutume de le croire, la haute température des anciens climats, on arrive à la solution de plusieurs problèmes qui étaient restés jusqu'ici comme de véritables énigmes géologiques. Dans ce nombre se trouvent surtout les théories diluviennes et erratiques, et tout ce qui est relatif à l'ancienne extension des glaciers.

Il est facile de se figurer l'état du globe, quand, ayant perdu en grande partie (à l'extérieur du moins) la chaleur due à son incan-

descence primitive, il se trouvait soumis à l'influence directe et indépendante du soleil.

Cet astre, plus chaud qu'aujourd'hui, agissait en formant d'abord aux deux extrémités de la terre une zone alternativement tropicale et refroidie, et en séparant ces deux zones par une large bande ultra-tropicale.

Cette dernière zone s'est successivement rétrécie, en sorte qu'un climat équivalent à la chaleur actuelle des tropiques a formé sur la terre deux zones concentriques qui avaient les pôles pour centres, et qui, s'en éloignant avec une extrême lenteur, se rapprochaient entre elles, et sont maintenant confondues en une large bande qui, seule sur la terre, possède encore la température élevée qui s'est promenée sur les zones glaciales et tempérées des deux hémisphères.

Pendant ce refroidissement séculaire dû au rayonnement du soleil, les deux extrémités de la terre, placées au centre des deux cercles à température tropicale qui s'en éloignaient de plus en plus, passaient alternativement d'une température élevée à un état thermométrique inverse, puisque l'axe de la terre, incliné, comme il l'est toujours sur le plan de son orbite, plaçait notre globe dans les mêmes conditions relativement au soleil que celles où il se trouve encore annuellement.

Une température élevée appliquée à la surface de la terre avait nécessairement pour résultat de rendre l'évaporation plus active et d'augmenter la quantité d'eau en circulation. Les terrains plus mouillés, l'eau courante plus abondante et surtout plus trouble, de vastes lacs et d'immenses cours d'eau, devaient fournir un aliment continu à la chaleur solaire; en effet, toutes les observations nous démontrent que les fleuves occupaient autrefois un espace beaucoup plus vaste, car ils ont presque partout indiqué leur passage par des érosions, et marqué leurs rives par des terrasses et des dépôts de cailloux roulés. Il est très vrai que cette évaporation devait être encore plus grande, quand la chaleur centrale, masquant les climats, s'ajoutait cependant à celle du soleil; mais les phénomènes qui en résultaient étaient moins caractérisés, parce qu'alors chaque pôle ne pouvait se refroidir, ni jouer comme maintenant le rôle d'un immense condensateur pour la vapeur répandue dans l'atmosphère. Quoique nous supposons la chaleur solaire indépendante depuis l'époque oolitique, elle a dû suffire pour maintenir longtemps les pôles au-dessus de 0 par le contact du point refroidi avec des terres échauffées, des eaux tiédies, et

des courants d'air à température très élevée. Les pluies seules agissaient alors; d'immenses terrains de transport se formaient, et tout le sol préexistant était dégradé.

Une époque est arrivée où chaque pôle, pendant l'absence du soleil, pouvait acquérir une température inférieure à 0, et ce fut alors que l'eau solide parut sur la terre et forma sur le pôle refroidi une masse de neige qui s'accrut peu à peu et devint incomparablement plus volumineuse que celle qui existe maintenant; il ne pouvait en être autrement à cause de l'énorme évaporation qui avait lieu sur toute la terre.

Cet état de choses a dû s'établir pour les pôles à l'époque de la craie ou dès le commencement de la période tertiaire. Ce ne sont pas des idées hypothétiques relatives à la chaleur solaire et aux anciens climats qui conduisent à ces observations, mais ce sont les faits eux-mêmes, qui ne peuvent s'expliquer avec la théorie seule de la chaleur centrale. Ce sont surtout les faits auxquels nous arrivons en ce moment, l'extension des glaciers et la fusion périodique de grandes quantités de neige qui y conduisent.

La présence de la neige sur le globe date très probablement, comme nous venons de le voir, de l'époque tertiaire et erratique, et peut-être même, au pôle, de la période crayeuse. C'est le commencement de vastes transports et l'introduction dans les causes géologiques d'un élément nouveau, l'eau solide avec toute sa puissance.

C'est pendant la déclinaison australe du soleil que le pôle N. recevait ses neiges, comme il les reçoit encore de nos jours, et réciproquement pour l'autre pôle.

Le retour d'un soleil plus actif que le nôtre et sa présence prolongée sur chaque extrémité du globe, accompagnée sans doute de pluies vernales et abondantes, dissolvait et délayait ces neiges accumulées en produisant d'immenses courants, chargés de nombreux matériaux qui, chassés des points culminants sur des plans plus ou moins déclives, les ont *usés, polis et sulcaturés*.

Ces effets périodiques se renouvelèrent pendant une longue suite de siècles, agissant alternativement sur les deux pôles et sur les montagnes élevées qui avaient déjà été soulevées, quand elles se trouvaient situées ailleurs que sous la zone torride, où l'égalité du climat devait s'opposer à ces actions diluviennes périodiques.

Ce sont surtout les montagnes les plus éloignées de l'équateur et celles qui réunissaient en même temps une grande élévation à un âge reculé dans la série des terrains qui ont dû produire les plus grands phénomènes diluviens. Tous ces caractères se trouvent

réunis dans la chaîne scandinave, dont les matériaux ont été transportés jusqu'à 1300 kilomètres de distance, et dont l'élévation serait énorme, si on pouvait lui restituer tous les débris qui en ont été arrachés par l'eau et les glaciers.

Les effets diluviens ont donc précédé ceux des glaciers, et la plupart des phénomènes de transport que l'on observe dans le Nord ont dû s'y produire avant toute action glaciaire; et, d'après notre théorie, les profondes sulcatures trouvées sur les flancs de ces montagnes auraient été creusées par l'eau chargée de matériaux de transports.

Le soulèvement plus récent de la chaîne des Alpes a dû rendre presque contemporains dans cette localité les phénomènes diluvien et erratique; mais il est évident aussi pour cette chaîne que les transports aqueux et la fusion de neiges accumulées ont précédé toute création de glaciers.

Ces derniers n'ont pu se former sur la terre que par suite du refroidissement lent et séculaire du soleil; mais ce changement d'état suivant une marche progressive, il dut arriver une époque où il resta sur les pôles et sur les hautes montagnes une petite quantité de neige qui ne pouvait plus fondre en été, non parce que la température ne permettait pas cette fusion, mais parce que la quantité de neige tombée augmentait tous les ans, et qu'il y avait disproportion entre l'alimentation et la fusion.

Cette neige demi-fondue par la chaleur solaire se transformait en glace, qui prit successivement plus d'extension, et dès lors commença l'apparition des glaciers et la cause des phénomènes erratiques dont l'âge est très probablement différent pour les pôles et les diverses chaînes de montagnes.

On sait qu'un glacier ne peut se former que sous l'influence d'une certaine élévation de température; tant que le thermomètre indique 0 ou un point plus bas la neige reste en paillettes et éphémère; elle ne peut se transformer en glace que par son ramollissement.

La progression, la marche et l'étendue des glaciers sont encore subordonnées à la température de l'atmosphère et à la configuration du sol.

Leur extension ou leur rayonnement autour du pôle ou des points culminants est dû à l'alimentation produite par la neige qui tombe et à l'étendue du cirque qui contient le névé.

Son retrait ou sa dégradation vers les centres de rayonnement tient à la fusion de son extrémité inférieure.

Si ces deux actions se compensent, le glacier est stationnaire.

Des inégalités dans l'alimentation et la fusion sont les causes de l'extension et du retrait.

La principale cause d'alimentation pour le glacier réside, comme nous l'avons vu, dans l'abondance du névé et dans l'étendue du cirque qui le reçoit. La congélation de l'eau à la surface ou à l'intérieur de la glace, la condensation de la vapeur contenue dans l'air, la neige éphémère qui peut couvrir les parties extérieures, ne sont qu'une très petite partie de l'alimentation.

Les ressources du névé n'existent que dans la neige qui tombe ; la neige ne peut se former qu'aux dépens de la vapeur élevée dans l'atmosphère, et celle-ci ne peut être produite que par l'action de la chaleur.

Le froid ne peut donc faire naître que des neiges éphémères ; et si l'abaissement de température était général sur le globe, il n'y aurait pas de glaciers, parce que, l'évaporation cessant, la neige même ne se montrerait plus.

La chaleur, au contraire, favorisant la création de la vapeur d'eau, est la principale cause de la chute de neige sur les points élevés ou refroidis, et cette cause a été bien plus active autrefois que de nos jours.

La fusion, agissant sur des glaciers plus étendus, était proportionnellement moins active que l'alimentation, parce que les surfaces exposées à l'action solaire et aux pluies étaient moindres, parce qu'une partie des rayons solaires étaient réfléchis comme aujourd'hui, parce que des vents polaires devaient souffler longtemps au printemps, et parce qu'il faut à la glace pour se liquéfier une très grande quantité de chaleur qui devient latente.

Cette chaleur latente absorbée pendant la liquéfaction de la glace est enlevée à l'air et aux corps terrestres environnants, tandis que celle qui est mise en liberté lors de la cristallisation de l'eau, étant abandonnée dans les hautes régions de l'atmosphère, rayonne presque immédiatement et en grande partie vers l'espace.

Lorsque, par suite du refroidissement du soleil, les premiers glaciers commencèrent à se former, à l'époque tertiaire, vers les pôles, et à l'époque de transport, sur les montagnes de zones tempérées, l'alimentation produite par une large évaporation l'emportait sur la fusion ; il y avait chaque année un reste qui s'accumulait avec celui des années précédentes et qui augmentait le glacier. Ainsi une température élevée en favorisant la fusion par la destruction de l'extrémité inférieure du glacier, augmentait l'alimentation dans une proportion plus grande encore, puisqu'elle était la cause première d'une plus forte évaporation.

L'une des deux causes, l'*alimentation*, ayant bien plus d'importance que l'autre, la *fusion*, une température anciennement plus élevée a dû contribuer à l'extension des glaciers, tandis qu'une température très basse n'aurait pas même permis leur création.

L'extension des glaciers n'est donc que la différence entre l'alimentation et la fusion; loin d'être la conséquence d'un abaissement séculaire ou momentané dans la température, qui se serait ensuite relevée, cette extension s'accorde avec ce que toutes les observations géologiques nous ont appris sur l'ancienne élévation de chaleur des climats, pourvu que l'on considère ceux-ci comme dépendant de l'action calorifique du soleil et non de la chaleur centrale.

La question envisagée sous ce point de vue nous permet de comprendre une plus grande extension des glaces aux deux pôles, dans les vallées des Alpes, et dans les chaînes des montagnes soumises à des alternatives de froid et de chaud, d'été et d'hiver, de gel et de dégel.

Elle nous laisse aussi la possibilité de voir des restes de glaciers dans des lieux, comme les Vosges, l'Écosse, etc., où il n'en existe plus aujourd'hui et où, par une température élevée, il pouvait tomber en hiver une quantité de neige si grande qu'elle ne pouvait complètement fondre en été.

L'époque de la plus grande extension des glaciers ayant été atteinte, ils ont dû pendant quelque temps rester stationnaires; puis, l'alimentation diminuant comme l'évaporation et la chaleur, ils se sont lentement retirés, et très probablement ils se retirent encore.

C'est à la période de plus grande extension que les glaciers se sont développés sur les flancs des Alpes scandinaves, préalablement ravinés, dénudés et sulcaturés; qu'ils ont rempli les grandes vallées des Alpes qui avaient déjà reçu des terrains diluviens; qu'ils ont rayonné autour des Vosges; qu'ils ont occupé les cirques des Pyrénées, et qu'ils ont paru peut-être même sur les cimes du Jura, tandis que d'autres glaciers venant des Alpes se dirigeaient vers les pentes de cette même chaîne jurassique.

C'est à cette époque qu'il faut attribuer une partie des *laves* ou roches polies et striées, notamment celles qui existent dans les Alpes au-dessus de la limite des glaciers actuels.

Pendant la même période d'extension, les glaciers ont déposé eux-mêmes, en les charriant, une grande partie des blocs erratiques de la Suisse, du Jura, des Vosges et de plusieurs autres localités. Une autre partie de ces blocs a été entraînée ou au moins dépla-

cée par d'autres causes, surtout par les glaces flottantes, par les soulèvements du sol où ils étaient déposés, et par la fusion instantanée des glaces qui les ont emportés.

Pendant que les glaciers occupaient vers les pôles et dans les vallées des montagnes des lieux qu'ils ont aujourd'hui abandonnés, la fusion annuelle et périodique, très probablement combinée avec des pluies également périodiques et très abondantes, donnait naissance à de véritables torrents d'une extrême puissance, qui s'échappaient de l'extrémité des glaciers, comme ils le font encore de nos jours, mais réduits à de simples filets.

Le terrain diluvien se déposait alors en même temps que le terrain erratique, phénomènes qui ont continué jusqu'à l'époque actuelle.

Mais la période diluvienne qui a précédé partout l'apparition des glaciers a produit les principaux dépôts de transport, qui débordent partout dessous le terrain glaciaire ou erratique.

La présence de cailloux roulés à de grandes élévations, et leur immense accumulation sur certains points, accuse une grande puissance dans la force qui les transportait, une action tumultueuse dans leur dépôt, et des alternances d'agitation et de tranquillité; elle accuse surtout la grande importance des cours d'eau de cette époque, dont les fleuves actuels ne sont que de simples délaissements; elle rappelle l'étendue des lacs et la grande quantité d'eau qui était alors en circulation.

Elle nous indique que malgré sa puissance, cette grande force diluvienne n'était qu'un reste de ces anciens lavages qui, commençant aux pôles, ont détruit les premiers terrains pour former les couches siluriennes, et se sont continués sans interruption, en dénudant le sol, en abaissant les montagnes, mais en s'affaiblissant toujours jusqu'à l'époque actuelle.

La disposition rayonnante des terrains de transport autour des centres nombreux aujourd'hui surbaissés par une action destructrice, nous démontre que les pôles et les montagnes ont toujours rempli le rôle de condensateurs, dont les effets étaient d'autant plus marqués que l'évaporation était plus active et les inégalités de température plus caractérisées.

Il est impossible cependant de ne pas admettre comme effets accidentels quelques lavages, instantanés sans doute, produits par les soulèvements assez modernes de quelques grandes chaînes de montagnes.

Tous les faits relatifs aux glaciers, aux terrains erratiques et diluviens, s'accordent avec l'hypothèse d'une diminution très lente

de température, ayant pour cause le refroidissement propre de la terre jusqu'à l'époque oolitique et l'affaiblissement de la chaleur solaire dans toutes les périodes suivantes, notamment pendant la longue série diluvienne : aussi les diverses théories présentées pour l'explication des phénomènes erratiques, et qui admettent toute une température inférieure à celle qui règne de nos jours, ne s'accordent pas avec les faits observés.

L'étude des fossiles et de leur distribution dans le sens vertical et horizontal, ou en profondeur et en latitude, vient confirmer l'hypothèse d'un refroidissement solaire et de l'influence des climats, depuis l'époque de la première apparition des êtres vivants sur le globe.

La grande uniformité, ou les nombreuses analogies que l'on remarque dans les formes des anciennes productions organiques de la terre, annoncent que la chaleur centrale était dominante et faisait sentir son influence sur toute sa surface ; mais déjà cependant il y avait diversité de faunes et de flores dans des lieux très éloignés.

Le développement excessif des êtres vivants de cette époque se trouve surtout continué dans les régions polaires et sous les zones tempérées, sans qu'il soit bien constaté encore que de vastes terrains siluriens se trouvent sous la zone torride, et, s'ils existent, qu'ils soient du même âge que ceux des zones tempérées.

La présence des plantes fossiles du terrain houiller avec des formes analogues, mais non identiques, dans des lieux très différents du globe, indique encore cette uniformité de température élevée qui a régné sur la terre, vers ses deux extrémités, et sous les zones actuellement tempérées. Ces débris indiquent un climat tropical, même au-delà des cercles polaires ; mais il n'est pas constaté que les houillères situées sous des latitudes aussi élevées soient contemporaines de celles qui existent sous les latitudes les plus basses des zones tempérées, et à plus forte raison sous la zone équatoriale.

Une température ultrà-tropicale régnait probablement alors sous la zone torride ; et si les anciens terrains s'y sont déposés, ils n'ont pas le même âge que ceux des régions aujourd'hui refroidies de notre planète. A l'époque silurienne et carbonifère, les fossiles indiquent un climat très chaud, dû sans doute à la chaleur centrale ; mais à mesure que celle-ci s'affaiblissait, les climats solaires devenaient de plus en plus prépondérants, et les fossiles des terrains supérieurs changent d'espèces et se localisent davantage.

Les fossiles du terrain oolitique, de la craie, du sol tertiaire, annoncent encore une température élevée ; mais on reconnaît que

la chaleur diminuait, et la localisation de plus en plus marquée de certaines espèces, leur limitation dans des bassins qui deviennent de plus en plus restreints, et par conséquent les grandes différences qui existent entre les débris de chaque dépôt particulier d'une même formation, s'accordent mieux avec l'affaiblissement lent et graduel d'un climat solaire indépendant, qu'avec l'action affaiblie de la chaleur centrale.

Les fossiles de ces différentes époques, et surtout ceux des terrains tertiaires, semblent nous indiquer que les divers dépôts d'une même formation n'ont pas été contemporains, mais se sont présentés successivement avec des caractères analogues, en commençant d'abord vers les latitudes les plus élevées où ils pouvaient se produire, et arrivant lentement sous la zone torride, où vraisemblablement leur dépôt s'opère encore à l'époque actuelle; ordre de développement incompatible avec l'action de la chaleur centrale, et parfaitement en rapport avec l'affaiblissement successif des climats solaires.

La présence dans les terrains de transport de nombreux débris de mammifères appartenant à des genres très différents accuse encore à cette époque un climat plus chaud que celui qui existe de nos jours, et nous prouve que la chaleur solaire a diminué d'une manière très sensible depuis le commencement de cette longue période.

Les Pachydermes, dont on trouve abondamment les restes dans les zones tempérées; les Palmiers, qui existaient aussi à la même époque, nous indiquent à peu près le climat des plaines, mais ne prouvent rien pour celui des montagnes et des régions polaires. Ces dernières contrées avaient alors des étés plus chauds, et très probablement des hivers plus froids, à cause de la plus grande force du soleil dans la première de ces saisons, et de la chute plus abondante des neiges pendant la seconde.

Les Pachydermes qui habitaient alors les régions du Nord étaient des espèces particulières, organisées pour supporter ces alternatives de température, et dont les cadavres, pris dans les glaces, ont pu facilement arriver jusqu'à nous.

Nous devons considérer l'état actuel organique comme le plus compliqué qui ait jamais existé, et notre époque comme celle qui présente le plus grand nombre de genres et d'espèces qui se soient jamais montrés ensemble et qui aient vécu dans les mêmes temps.

La présence des fossiles dans les divers terrains, la succession et la localisation de leurs espèces s'accordent donc avec une uniformité de température qui aurait régné dans les premiers âges du

monde, et qui serait due à la chaleur centrale; mais bientôt l'influence des climats solaires se serait fait sentir, et le feu central aurait cessé de se manifester au dehors. Des zones différentes par leur température se seraient successivement établies sur la terre; indécises d'abord dans leurs limites, elles seraient devenues de plus en plus distinctes, et les êtres vivants y auraient rencontré des conditions de moins en moins semblables.

Enfin l'idée d'un refroidissement lent et séculaire du soleil n'est en opposition ni avec les lois de la physique ni avec les observations astronomiques. Elle s'accorde avec l'hypothèse de Laplace sur la formation de notre système planétaire, avec les découvertes récentes faites sur les nébuleuses, avec les présomptions de plusieurs savants célèbres.

Après la lecture du Mémoire de M. Lecoq, M. Rivière présente les réflexions suivantes :

Si j'ai bien saisi les principaux traits de l'intéressant Mémoire de M. Lecoq, ce savant auteur admet l'incandescence primitive de la terre, du soleil, etc. La principale base sur laquelle repose sa théorie des glaciers, etc., consiste dans le changement de température, surtout du soleil, par suite de la perte de chaleur qu'éprouve cet astre, selon les lois qui sont propres au rayonnement. Or, en partant de l'hypothèse de l'incandescence primitive du soleil et de la terre, en suivant les lois auxquelles ces corps ont été naturellement soumis, et telles qu'elles ont été déterminées par les physiciens, quels que soient du reste leurs systèmes cosmogoniques, la théorie de M. Lecoq me paraît être en opposition directe avec le principe sur lequel il l'appuie.

Soient T et T' les températures du soleil à deux époques a et a' , t et t' les températures moyennes du soleil, sensibles sur la terre, aux deux époques a et a' ,

On aura

$$T - T' = M^{\circ}, \text{ et } t - t' = n^{\circ} \text{ ou } o^{\circ},$$

si l'on n'admet pas entre a et a' un intervalle E presque égal à l' ∞ .

En effet, n° est une variable qui dépend de M° : or, comme l'intensité de la chaleur reçue sur un corps est en raison directe de la température du foyer et en raison inverse du carré de la distance du corps chaud au corps échauffé, il s'ensuit que si la terre θ était en contact du soleil σ , on aurait :

$$n^{\circ} = M^{\circ},$$

et qu'à une distance δ , la quantité $n^o = V$ n'est plus qu'une fraction en fonction de M^o et de δ^2 , qui peut être exprimée par le symbole :

$$V = \frac{M^o}{\delta^2}.$$

Mais M^o , ne pouvant être considérable, la valeur de V sera d'autant plus petite que δ sera plus grand. Eh bien ! δ , dans l'état actuel des choses, est un nombre immense, tandis que M^o ne peut être élevé, à moins d'admettre un temps infini pour les calculs humains ; de sorte que $V = 0$ ou s'en rapproche beaucoup.

Je ferai observer que l'intervalle E entre a et a' dans l'application aux époques de la terre, ne peut jamais être un nombre assez considérable pour donner une grande différence entre T et T' ; car, en admettant même, d'après M. Pouillet, dont le Mémoire (1) est invoqué par M. Lecoq, que la température du soleil pût diminuer de 1^o par siècle, cent siècles, mille siècles, si l'on veut, ne produiraient encore qu'un nombre insignifiant pour V ; et cependant cent siècles, mille siècles, sont, je pense, des laps de temps assez considérables ! La théorie de M. Lecoq ne me semble donc pas être d'accord avec la base sur laquelle cet auteur l'appuie. Je dirai plus, en supposant même que cet accord existât, on pourrait faire, je pense, une objection sérieuse à la théorie de M. Lecoq ; la voici :

Ou bien il faut admettre des variations brusques dans la température du soleil, sensible sur la terre, pour la formation des glaciers pendant une époque géologique, ou entre deux époques géologiques, hypothèse incompatible avec celle de la loi du refroidissement lent, continu et normal du soleil incandescent, comme le supposait M. Lecoq ; ou bien il faut admettre des variations lentes, hypothèse qui est à son tour incompatible avec la formation des glaciers.

Si le savant auteur du Mémoire avait invoqué pour sa théorie des changements dans la constitution physique de l'atmosphère et de la croûte du globe, qui peuvent avoir des pouvoirs plus ou moins absorbants, des changements dans la constitution de la

(1) *Mémoire sur la chaleur solaire, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmosphérique, et sur la température de l'espace*, par M. Pouillet. (*Comptes-rendus des séances de l'Académie royale des sciences*, t. VII, p. 24.)

photosphère, du noyau et des enveloppes du soleil, alors il aurait, il me semble, rencontré des objections moins directes, car le champ des hypothèses est ouvert à tout le monde, surtout à un géologue aussi habile que l'est M. Lecoq.

M. Lecoq répond que, d'après les calculs de Fourier, le soleil se refroidirait d'un degré à peu près par siècle, s'il se comportait comme le fer forgé.

M. Deshayes demande si l'hypothèse du refroidissement du soleil est absolument nécessaire, et s'il y avait déjà des glaciers lors du dépôt des terrains tertiaires anciens.

M. Lecoq répond que M. Agassiz ayant établi d'une manière incontestable que les glaciers avaient autrefois une grande extension dans les Alpes, il faut absolument rechercher les causes d'une plus grande alimentation, qu'on ne peut guère expliquer par un abaissement général de la température de la surface du globe. Si les observations astronomiques ne démontrent pas le système qu'il vient d'exposer, cela tient peut-être à ce qu'elles ne sont pas assez anciennes. Il croit que pendant le dépôt de la craie, la chaleur centrale ne se faisait plus sentir à la surface du globe, et qu'il y avait déjà des glaciers, ou du moins de grandes accumulations de neiges vers les pôles.

M. d'Omalius d'Halloy pense qu'il faut faire des hypothèses pour expliquer les faits, mais qu'il faut en être sobre. Comme il ne croit pas que l'extension des anciens glaciers ne puisse pas s'expliquer par la diminution de la chaleur centrale seule, il ne voit pas la nécessité de la nouvelle hypothèse d'un refroidissement du soleil. Il pense que des variations dans la position des lignes isothermes pourraient produire des abaissements de température plus que suffisants.

M. Lecoq pense que les glaciers ne peuvent s'expliquer lorsqu'on n'admet que la diminution de la chaleur centrale, la glace des glaciers ne pouvant se former que par des alternatives de froid et de chaud. Il croit que les lignes isothermes sont en rapport avec les quantités de pluie qui tombent sur le sol.

M. Delbos lit un Mémoire ayant pour titre : *Recherches sur l'âge de la formation d'eau douce de la partie orientale du*

bassin de la Gironde. Ce travail sera inséré dans les Mémoires de la Société. L'auteur en donne l'extrait suivant :

Plusieurs opinions ont été émises sur l'âge relatif des diverses formations qui constituent la partie inférieure des terrains tertiaires du bassin de la Gironde. Malgré les savantes recherches dont cette question a été l'objet, elle ne paraît pas avoir encore été résolue d'une manière décisive. C'est dans le but d'éclaircir ces doutes que nous avons entrepris les recherches qui font le sujet du mémoire que nous avons l'honneur de présenter à la Société géologique de France.

La constitution géognostique du pays compris entre Saint-Émilion et Bergerac a été jusqu'ici entièrement ignorée. C'est dans cet espace, dont nous donnons la description détaillée dans notre Mémoire, que nous trouvons les preuves nécessaires pour établir d'une manière définitive la distribution relative des diverses formations du terrain éocène dans le S.-O. de la France.

Lorsqu'on étudie avec soin le pays situé sur la rive gauche de la Gironde et de la Dordogne, on ne tarde pas à y reconnaître cinq formations bien distinctes que nous désignerons par les noms suivants, sans nous occuper d'abord de l'ordre de leur superposition.

Calcaire à Orbitolites,	Dépôt d' <i>Ostrea longirostris</i> ;
Molasse éocène ou du Fronsadais,	
Calcaire d'eau douce et meulière,	
	Calcaire à Astéries.

1° Calcaire à Orbitolites.

Cette formation, la moins étendue de toutes celles du bassin tertiaire de la Gironde, est limitée aux environs de Blaye et de Pouillac; elle comprend :

1° A la partie inférieure, des calcaires généralement tendres, peu coquilliers, mêlés d'une grande quantité de petits cailloux roulés de quartz ;

2° A la partie supérieure, des calcaires durs, très riches en fossiles.

Ces assises sont caractérisées par la présence d'un grand nombre de polypiers du genre *Orbitolites*. Elles renferment en outre une grande quantité d'*Echinides* et de moules de coquilles, et un nombre prodigieux de *Miliolites*.

Les débris fossiles du calcaire à Orbitolites appartiennent presque tous à des espèces qui se trouvent dans le calcaire grossier de

Paris : *Clavagella coronata*, *Cerithium giganteum*, *Terebellum convolutum*, *Pileopsis cornu-copieæ*, etc.

Le calcaire à Orbitolites nous paraît donc identique avec le calcaire grossier de Paris.

Quant à ses limites inférieures, on ne peut les observer nulle part. Il est probable cependant qu'il repose sur la craie qui se montre à une distance de 2 myriamètres environ de Blaye; mais les marécages qui couvrent le sol empêchent de saisir le contact des deux terrains.

2° Molasse éocène ou du Fronsadais.

La molasse est, de toutes les formations d'eau douce du bassin de la Gironde, celle qui atteint le plus grand développement; elle peut se subdiviser en trois assises, ainsi disposées de bas en haut :

1° Argiles et glaises plus ou moins sableuses, souvent panachées de teintes diverses, dans lesquelles se trouvent quelquefois intercalés des lits peu suivis de calcaire d'eau douce (Fronsac, etc.).

Cette assise renferme dans quelques localités des sphéroïdes formés par la réunion d'aiguilles de carbonate de chaux divergeant autour d'un centre commun (Lespinassat, etc.).

C'est dans la molasse argileuse qu'ont été trouvés les restes de *Palæotherium*, *Gavials*, *Trionyx*, etc., décrits par Cuvier.

2° Molasse sableuse, beaucoup plus développée que l'assise précédente. On y trouve fréquemment un grand nombre de concrétions sphéroïdales d'un grès qui n'est autre chose que la molasse sableuse elle-même fortement agrégée.

Lorsque la molasse est pénétrée d'un ciment siliceux il en résulte des grès exploités pour le pavage dans le Périgord et la Saintonge, et disséminés en masses irrégulières dans le sable. Ces blocs ont été fréquemment isolés par la destruction de la molasse qui les enveloppait.

Si ce ciment est en même temps ferrugineux, il en résulte des grès analogues à ceux de la forêt de Lanquais.

Vers ses limites orientales la molasse sableuse se charge d'une grande quantité de fer hydroxidé qui constitue les riches minerais exploités dans le Périgord.

A cette assise se rattachent les empreintes végétales des grès de Bergerac, et probablement le gisement de troncs d'arbres silicifiés que nous avons découvert à Minzac.

3° Argile formant des lits peu suivis, peu épais, manquant souvent.

Lorsqu'on suit la molasse en partant de Bourg, et en remontant le cours de la Dordogne, on la voit former constamment la base des terrains. Vers ses limites, elle repose immédiatement sur la craie. Tout semble prouver jusque là qu'elle est antérieure à tous les autres dépôts tertiaires.

Maissi l'on étudie avec attention les environs de Blaye, on voit apparaître sur certains points, immédiatement au-dessous du calcaire à Orbitolites, une argile dans laquelle on a trouvé des restes de *Trionyx*, *Gavials*, *Palæotherium*, etc., analogues à ceux cités précédemment. Cette analogie, jointe à celle tirée du plongement général des couches des bords de la Dordogne, nous conduit à assimiler cette argile à la molasse du Fronsadais.

Le dépôt de la molasse a donc succédé à celui du calcaire à Orbitolites.

La molasse forme un dépôt bien plus étendu qu'on ne l'avait cru, puisqu'on plaçait ses limites vers le méridien de Saint-Émilion; elle forme à elle seule des coteaux de plus de 100 mètres d'élévation; elle se prolonge, sous forme de grès et de minerais de fer, sur tous les terrains crétacés du Périgord, et presque sur les terrains jurassiques de la Corrèze. Ses limites sont difficiles à tracer; elles paraissent suivre néanmoins la direction O. 10° N. à E. 40° S. environ.

3° Calcaire d'eau douce et meulières.

La formation du calcaire d'eau douce, jusqu'ici considérée comme appartenant à l'étage moyen, offre un développement bien moins considérable que celui de la molasse; elle comprend :

1° Des calcaires blancs ou gris, ordinairement durs et cassants. Ils sont en général marneux vers les limites occidentales; mais ils augmentent de dureté à mesure qu'on avance vers l'E. en se chargeant peu à peu de silice chimiquement déposée avec eux. Les fossiles y sont rares et accumulés dans quelques localités particulières;

2° Des meulières intercalées dans les couches les plus dures du calcaire d'eau douce; elles y forment des masses irrégulières placées toujours à peu près au même niveau géologique. Les meulières sont ordinairement blondes, caverneuses, quelquefois presque poreuses. Leur épaisseur dépasse rarement 3 mètres; les fossiles y sont encore plus rares que dans le calcaire d'eau douce.

Sur les bords de la Dordogne, le calcaire d'eau douce ne commence à se montrer que vers Saint-Émilion. On le voit alors con-

stamment reposer sur la molasse, à laquelle il passe quelquefois à la partie inférieure. Les meulières ne commencent à paraître qu'aux environs de Castillon-sur-Dordogne, mais au-delà de cette ville elles se montrent presque partout où l'on trouve le calcaire. Au-delà de Bergerac, elles ont été fréquemment isolées par la destruction du calcaire qui les enveloppait.

Le calcaire d'eau douce se montre identiquement avec les mêmes caractères géologiques et paléontologiques aux environs de Blaye, au-dessus des argiles décrites précédemment; lorsque cette argile vient à manquer, il repose directement sur le calcaire à Orbiculites.

Les fossiles caractéristiques de cette formation sont :

Limnæa longiscata, Brong., non id. Lyell et Murchison,
Planorbis rotundatus, Brong., Desh., Coq. foss., Paris, n° 2.

C'est au dépôt du calcaire d'eau douce que se rattachent les gypses de Sainte-Sabine.

L'épaisseur du calcaire d'eau douce dépasse rarement 20 mètres; de même que la molasse, il plonge de l'E. à l'O., et augmente de puissance à mesure qu'il se rapproche de la limite orientale, jusqu'à ce qu'il rencontre la craie, sur laquelle il vient buter et mourir.

4° Dépôt d'*Ostrea longirostris*.

Il ne se montre qu'en lambeaux isolés dans cinq ou six gisements qui paraissent s'être groupés, les uns autour de Saint-Aubin, les autres autour de la Gasparde (commune de Tourtirac), les autres autour de Sainte-Foy-la-Grande, les autres enfin autour de Blaye.

Il consiste en une énorme quantité de très grosses Huîtres séparées par une petite quantité d'un sable marneux, fin, ou agglutinées par un ciment calcaire; son épaisseur ne dépasse pas 2 mètres.

Les limites inférieures sont nettement déterminées. Il repose tantôt sur la molasse, tantôt sur le calcaire d'eau douce. Quant à ses limites supérieures, il fait déjà partie du calcaire à Astéries. Ainsi, à la Gasparde, les Huîtres sont associées à tous les fossiles les plus caractéristiques de cette formation.

Une grande confusion a régné jusqu'ici sur la dénomination spécifique de ces Huîtres. Elles ont été confondues tantôt avec l'O.

virginica, tantôt avec l'*O. undata*, et on les a toujours rapportées à l'étage tertiaire moyen.

Nous nous sommes décidé, avec M. Ch. Desmoulins, pour le nom suivant :

Ostrea longirostris, Lamarck, Desh. (var. non décr. par Deshayes).

Syn. *O. crassissima*, Lamarck, Ch. des M. in Dufrénoy.

5° Calcaires à Astéries.

C'est un calcaire de nature très variable, dont la dureté augmente généralement à mesure qu'on se rapproche des couches supérieures. Vers ses limites, il se charge d'une grande quantité de petits cailloux siliceux, caractère qui l'a fait confondre quelquefois avec la molasse coquillière miocène. Il renferme sur certains points des masses ordinairement lenticulaires et peu considérables d'argile marneuse. Nous lui rapportons les molasses à gros grains et à petites Huîtres supérieures aux couches à *O. longirostris* de Blaye.

Ce calcaire est caractérisé par la présence d'un grand nombre d'osselets d'*Astéries*. Il renferme beaucoup de débris fossiles, dont le nombre paraît augmenter proportionnellement avec sa dureté. Les couches les plus élevées consistent en un calcaire très dur, très riche en Polypiers.

Au point de vue paléontologique, le calcaire à Astéries diffère beaucoup du calcaire à Orbitolites (1). Ainsi, sur 64 espèces, 34 se retrouvent dans les faluns et 9 seulement dans le calcaire à Orbitolites : cependant MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont l'ont rangé dans l'étage éocène ; M. de Collegno a adopté l'opinion de ces deux illustres géologues. Nous ne croyons pas possible, en effet, de séparer géologiquement le calcaire à Astéries de l'étage tertiaire inférieur. Cette conclusion est, du reste, corroborée par la présence de nombreux fossiles caractéristiques de l'époque éocène, tels que *Crassatella tumida*, *Terebellum convolutum*, *Lucina gigantea*, *Crania abnormis*, etc.

Les fossiles les plus caractéristiques de cette formation sont :

<i>Asterias lævis</i> , Ch. des M.,	<i>Turbo Parkinsoni</i> , Bast.,
<i>Scutella striatula</i> , M. de Serres,	<i>Pecten Billaudelli</i> , Ch. des M.,
<i>Cassidulus nummulinus</i> , Ch. des	<i>Crania abnormis</i> , Brong.,
M.,	<i>Modiola lithophaga</i> , Lamk.
<i>Fibularia ovata</i> , Agass.,	

(1) Nous donnons dans notre Mémoire une liste des fossiles les plus

Quant aux limites inférieures du calcaire à Astéries, on peut le voir recouvrir transgressivement la molasse, le calcaire d'eau douce et la couche à *Ostrea longirostris*.

Sa puissance décroît à mesure qu'on avance vers l'E., au contraire de la formation d'eau douce. Ainsi, près de Bordeaux, il forme des coteaux de plus de 100 mètres d'élévation, et près de Sainte-Foy-la-Grande, il vient mourir sur les formations d'eau douce inférieures. Ses limites superficielles sont dirigées O. 20° N. à E. 20° S. de la Roque à Villefranche. De Villefranche au Fleix, elles sont O. 30° N. à E. 30° S.

Conclusions.

D'après les faits que nous venons d'exposer, nous pouvons diviser en cinq formations l'étage tertiaire inférieur du S.-O. de la France, en allant de bas en haut.

Terrain tertiaire inférieur.	{	Form. marine.	Calcaire à Orbitolites.
		Form. lacustre.	Molasse.
			Calcaire d'eau douce et meulières.
		Form. marine.	Couche à <i>Ostrea longirostris</i> .
			Calcaire à Astéries.

Nous aurons la liste complète des terrains du bassin de la Gironde si nous ajoutons les couches supérieures classées dans l'ordre que leur assigne M. de Collegno dans son beau Mémoire sur les terrains du département de la Gironde :

Terrain tertiaire moyen.	{	Calcaire et argiles d'eau douce.
		Calcaire à <i>Ostrea undata</i> ; faluns.
		Marnes d'eau douce.
Terrain tertiaire supérieur.	{	Sable des Landes.
		Sables et argiles ferrugineuses de l'Entre-deux-Mers.

Reste la question du synchronisme avec les autres bassins tertiaires.

Sans vouloir pousser les rapprochements au point de chercher dans les terrains de la Gironde toutes les couches qui constituent

communs appartenant au calcaire à Astéries des localités que nous avons décrites. Cette liste comprend : 5 espèces de radiaires, 1 annélide, 11 conchifères, 11 mollusques, 1 foraminifère, 1 crustacé, 4 poissons, 1 reptile, 1 cétacé.

les terrains de Paris, la comparaison en grand des deux bassins va nous fournir des analogies dignes d'un intérêt tout particulier.

Nous avons déjà vu que le calcaire à Orbitolites est identique avec le calcaire grossier de Paris.

La molasse contient des ossements d'animaux appartenant à des genres dont les débris se trouvent dans les gypses de Montmartre. Le calcaire d'eau douce renferme deux coquilles abondamment répandues dans le calcaire siliceux de Saint-Ouen : *Limnea longiscata*, Brong., et *Planorbis rotundatus*, Brong.

La formation lacustre du bassin du S.-O. de la France nous paraît donc correspondre exactement à la formation inférieure du gypse et du calcaire siliceux de Paris. Ce rapprochement est appuyé par les caractères zoologiques (*Palæotherium*, *Limnea longiscata*, *Planorbis rotundatus*, etc.), par les caractères minéralogiques (gypse, calcaire siliceux, meulières, etc.), et par les caractères géologiques (*superposition au calcaire grossier*).

Le calcaire à Astéries offre une analogie moins directe avec les couches du bassin de Paris. Le calcaire d'eau douce étant parallèle au gypse et au calcaire siliceux, il ne reste plus dans l'étage inférieur que les marnes marines supérieures au gypse. Sur 17 espèces citées par M. Brongniart dans ces marnes, 10 se retrouvent dans le calcaire à Astéries. La ressemblance est surtout frappante dans les molasses à petites Huîtres des environs de Blaye; elles renferment, comme les marnes de Paris, des rognons de gypse et de strontiane sulfatée. Et si nous joignons tous ces caractères à ceux que nous avons mentionnés dans le cours de cet extrait, nous aurons de grands motifs de probabilité, si ce n'est de certitude, pour assimiler le calcaire à Astéries aux marnes marines supérieures au gypse des environs de Paris.

Séance du 6 avril 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. CHAUVÉAU (Mathurin-Blaise), avocat, à Paris, rue du Cherche-Midi, 21, présenté par MM. Cordier et Raulin.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des Savants*, mars 1846.

De la part de M. Victor Simon, *Notes géologiques* (extrait des *Mémoires de la Société d'hist. nat. de Metz*) ; in-8°, 15 p., 1 pl. Metz, 1846.

De la part de M. le Dr Teissier Rolland, *Études sur les eaux de Nîmes et sur l'aqueduc romain du Gard* ; t. II, seconde partie, in-8°, 320 p. Nîmes, 1845-1846.

De la part de M. E. Desor, *Notice sur les Crinoïdes suisses* (extrait du *Bulletin de la Société des sciences nat. de Neuchâtel*) ; in-8°, 14 p. Neuchâtel, 1845.

De la part de M. W.-D. Saull, *Notitia Britannicæ, or an enquiry, etc.* (Notice sur la Grande-Bretagne, ou Recherches sur les localités, les coutumes, la condition et la civilisation progressive des aborigènes de la Bretagne) ; in-8°, 64 p. Londres, 1845.

De la part de M. Paul Savi, *Considerazioni geologiche, etc.* (Considérations géologiques sur l'Apennino Pistoiese) ; in-8°, 32 p. Florence, 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences ; 1846, 1^{er} semestre, t. XXII, nos 11 à 13 ; et table du 2^e sem. 1845.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. V, n° 26 ; février 1846.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse ; n° 92.

Discours prononcé à la Société industrielle d'Angers et du département de Maine-et-Loire, dans la séance du 2 mars 1846, par M. Guillory aîné, président ; in-8°, 22 p. Angers, 1846.

Précis analytique des travaux de l'Académie royale des sciences, belles-lettres et arts de Rouen pendant l'année 1845.

Mémoires de la Société d'agriculture, sciences et arts de l'arrondissement de Valenciennes. — Topographie historique

et médicale de Valenciennes, par Abel Stiévenart; in-8°, 355 p. Valenciennes, 1846.

Société d'agriculture, sciences et arts de l'arrondissement de Valenciennes. — *Programme des encouragements à décerner en 1846 et 1847*; in-8°, 14 p. Valenciennes, 1846.

L'Institut, 1846, nos 637 à 639.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} semestre, nos 22 à 27.

Le Mémorial encyclopédique; février 1846.

Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève. Archives des sciences physiques et naturelles; n° 2, mars 1846, in-8°.

The Athenæum, 1846, nos 960 à 962.

The Mining Journal, 1846, nos 552 à 554.

Neues Jahrbuch, etc. (Nouvelles annales pour la minéralogie, la géologie, etc.), publiées par Leonhard et Bronn; année 1845.

Neues Jahrbuch, etc. (Nouvelles annales pour la minéralogie, la géologie, etc.), publiées par Leonhard et Bronn, 1846, 1^{er} cahier.

Ars-Berattelse, etc. (Rapport sur les travaux et découvertes botaniques depuis le 31 mars 1839, et pendant les années 1840, 1841 et 1842, présenté à l'Académie royale des sciences de Stockholm), par Joh. Em. Wikstrom; in-8°, 823 p. Stockholm, 1844.

Ars-Berattelse, etc. (Rapport sur les progrès de la zoologie dans les années 1840-1842, présenté à l'Académie royale des sciences de Stockholm), par C.-J. Sundevall; in-8°, 322 p. Stockholm, 1844.

Ars-Berattelse, etc. (Rapport sur les progrès de la zoologie dans les années 1843, 1844, présenté à l'Académie royale des sciences de Stockholm), par C.-H. Boheman; in-8°, 224 p. Stockholm, 1845.

Kongl. Vetenskaps, etc. (Mémoires de l'Académie royale des sciences de Stockholm, pour l'année 1843); in-8°, 432 p. Stockholm, 1844.

Ofversigt, etc. (Comptes-rendus des travaux de l'Académie royale des sciences de Stockholm); 1844, nos 8 à 10; 1845, nos 1 à 7.

Ars-Berattelse, etc. (Rapport sur les progrès de la chimie et de la minéralogie jusqu'au 31 mars 1845, présenté à l'Académie royale des sciences de Stockholm), par Jac. Berzelius; in-8°, 708 p. Stockholm, 1845.

M. de Verneuil donne lecture d'une lettre d'invitation au congrès de Southampton, adressée à tous les membres de la Société géologique de France par sir Roderick Impey Murchison, président de l'Association Britannique pour l'avancement des sciences, M. Edward Sabine, secrétaire général, et M. John Phillips, secrétaire adjoint. Le jour de l'ouverture du congrès est fixé au 10 septembre.

« Nous sommes chargés de vous informer, disent en terminant les signataires de la lettre, que Southampton n'est qu'à quelques heures de Londres; et si vous faisiez à l'Association Britannique pour l'avancement des sciences l'honneur d'accepter sa pressante invitation, nous nous chargerions de prendre tous les arrangements nécessaires pour votre réception. »

M. Murchison ajoute :

« Quand je pense que douze ans se sont écoulés depuis qu'un
 » géologue n'a occupé le fauteuil de l'Association Britannique,
 » et que le lieu de la réunion prochaine n'est qu'à neuf heures
 » de voyage du Havre, j'ose espérer que quelques membres au
 » moins accepteront l'invitation que je leur adresse ici. Pendant
 » que la reine d'Angleterre se rendra à Paris pour y faire visite
 » à votre souverain, si les géologues de France s'assemblent à
 » Southampton et sur les falaises de l'île de Wight, n'offriront-
 » ils pas une preuve éclatante de l'entente cordiale qui a toujours
 » existé entre les hommes de science des deux nations ? »

M. Martins lit une lettre qui lui a été adressée par M. Édouard Collomb.

Wesserling, le 25 mars 1846.

Il n'y a que quelques jours seulement que j'ai reçu le *Bulletin* qui rend compte de la réponse que vous avez faite aux objections de M. Durocher contre l'ancienne extension des glaciers de la Scandinavie. J'aurais beaucoup de choses à vous dire sur ce sujet; mais j'arrive directement au but, en vous citant un fait qui se rattache immédiatement au même problème : ce sont des *Karrenfelder* que

j'ai observés dans les Vosges, et qui confirment si bien votre manière de voir, que je ne puis résister au désir de vous les faire connaître. Voici une copie de la note que j'ai rédigée à ce sujet, immédiatement après l'observation, en novembre 1845.

Dans la vallée de la Moselle, à quelques lieues en amont de la roche striée décrite par M. Hogard (*Bulletin de la Société géologique*, 2^e sér., t. II, p. 249), un petit vallon latéral de la rive gauche, qui prend naissance dans les replis du Ballon de Servances, s'ouvre dans la grande vallée, un peu au-dessous du village de Saint-Maurice : c'est le vallon de la Prelle. Ce petit coin des Vosges présente un fait curieux sous le rapport des différents modes d'usure auxquels la roche peut être soumise par les forces naturelles. On y trouve la roche de syénite usée et corrodée par l'eau du ruisseau, et en même temps polie et moutonnée par les forces erratiques. On peut y établir des points de comparaison sur ces deux effets, aujourd'hui sujets à controverse, l'un produit par l'eau à l'état liquide, et l'autre produit par l'eau à l'état solide.

Le ruisseau passe sur la syénite en place, et dans les endroits où le sable et les graviers n'encombrent pas son lit, on peut voir à nu l'action produite par un long travail de l'eau, action qui se continue encore de nos jours. L'eau creuse dans cette roche de petits canaux irréguliers de quelques centimètres de profondeur; elle use la pierre d'une façon particulière, en attaquant de préférence certains cristaux dont cette syénite est formée, et en respectant les autres, ou du moins en les usant moins.

On serait tenté de croire, en voyant ces canaux irréguliers qui sillonnent la roche, que les silicates dont elle est composée sont, à la longue, solubles dans l'eau, et que leur degré de solubilité présente des différences notables. L'un des silicates serait plus soluble que l'autre, et par conséquent il donnerait lieu à un commencement de sillon, qui se prolongerait à la suite des temps, dans le sens du courant, d'une façon irrégulière, et suivant sa distribution dans la pâte de la roche. (La solubilité des silicates n'est pas une hypothèse tout-à-fait gratuite; le verre, qui est un silicate, certains feldspaths naturels, etc., sont solubles dans l'eau. On peut s'en assurer en broyant de petits fragments de ces substances en poudre impalpable dans un mortier d'agate, puis en les arrosant avec quelques gouttes d'eau; cette eau rougit le papier de curcuma.)

Hors des limites verticales que le ruisseau peut atteindre dans les plus grandes eaux, limites très bornées, les sillons irréguliers disparaissent; on n'en trouve plus : alors les veines de quartz, les filons, tous les cristaux dont cette syénite est composée, sont coupés

net, sans distinction, au même niveau, qu'ils soient durs ou tendres; l'ensemble de la roche est fort bien poli et arrondi jusqu'à une hauteur de plus de 50 mètres au-dessus du lit actuel du ruisseau. On reconnaît à ce poli la trace d'un frottement d'une puissance considérable, frottement qui s'est exercé dans le sens de la pente générale du vallon; on peut en suivre la trace en examinant les stries parallèles dont le poli est accompagné sur certains points; ces stries s'aperçoivent très bien si l'on se place sous un jour convenable.

Quant aux sillons irréguliers, ils ne me paraissent être autre chose que des *Karrenfelder* produits par l'eau et les graviers par leur frottement sur la roche pendant des milliers d'années, et dont la forme, dans le cas présent, est soumise à l'influence de la composition minéralogique de la roche.

Dans votre Mémoire (*Bulletin de la Société géologique*, 2^e sér., t. III, p. 112), vous avez démontré d'une façon évidente par de nombreux exemples tirés d'observations faites dans différents pays, qu'il fallait soigneusement distinguer ces *Karren* des sillons et stries erratiques, et que, lorsque ces différents accidents se trouvent réunis sur le même point, il fallait attribuer les *Karren* à l'action prolongée de l'eau, et les stries à l'action des glaces. Le vallon de la Prelle offre un exemple de plus de ce genre de phénomènes réunis sur la même roche.

Je serai charmé si vous jugez à propos de communiquer cette note à la Société.

Notre hiver a été si doux que je suis obligé de renoncer pour cette année à mes projets d'expériences sur les glaciers des Vosges à l'état naissant. Nous n'avons pas de neige, et il m'en faut au moins quelques mètres pour faire mes expériences.

A la suite de cette lecture, M. Martins présente un échantillon de calcaire jura-liasique pris sous le glacier inférieur de Grindelwald. En octobre 1844 ce glacier présentait sur sa rive droite une caverne qui permettait de pénétrer sous le glacier. Là, M. Bravais détacha un fragment dont une face est, dans un tiers de sa longueur, polie et *striée* par le glacier. Les deux tiers de cette même face sont polis, rendus lisses et légèrement creusés par l'eau qui s'écoule du glacier. Une autre face présente une surface plane qui n'a point été nivelée par les agents extérieurs, mais qui correspond à un plan de séparation ou de juxtaposition de la roche.

M. Martins fait voir aussi deux échantillons de schistes très durs, détachés du *Glattstein*, sur la rive droite du torrent de la vallée de Saint-Amarin, en amont de la moraine sur laquelle est bâtie la manufacture de Wesserling. L'un, pris fort au-dessus du niveau des eaux, est nivelé, poli et couvert de stries fines et parallèles, burinées par le glacier qui descendait autrefois le long de la vallée. L'autre, détaché au-dessous du niveau des eaux, est aussi poli, mais *non* strié, *non* nivelé; car les parties quartzeuses sont restées *en relief*, et n'ont pas été nivelées comme la roche, plus tendre, qui a été usée par l'action des eaux.

M. de Roys présente, au nom de M. Levallois, le catalogue des roches qu'il a adressées à la Société, à l'appui de son Mémoire sur l'identité des formations qui séparent le calcaire à Gryphites (lias) du muschelkalk dans la Lorraine, la Souabe et le Wurtemberg, inséré dans les Mémoires de la Société, 1^{re} série, t. II, p. 1.

M. Agassiz fait la communication suivante :

C'est sur une connaissance approfondie des glaciers actuels qu'on doit baser toutes les discussions relatives aux effets que les anciens glaciers ont produits. On ne peut pas dire que cette étude ait été faite complètement par tous ceux qui en ont parlé. C'est pourquoi j'ai l'intention d'entretenir aujourd'hui la Société seulement de faits, et de faits qui sont le résultat d'études longues, détaillées et consciencieuses.

Les glaciers oscillent; c'est un fait acquis à la science. Des savants ont voulu restreindre les oscillations à leur limite actuelle ou peu au-delà; d'autres voudraient leur en donner une beaucoup plus étendue. La première question à résoudre est donc de déterminer la grandeur des oscillations actuelles. Tous les renseignements que nous possédons tendent à prouver qu'elles sont peu considérables; néanmoins il importe d'étudier en détail la marche des glaciers actuels, pour comprendre tous les phénomènes auxquels leur mouvement a pu donner lieu.

Je mets ici sous vos yeux le plan général du glacier inférieur de l'Aar, levé par M. Wild au 1/5000^e, et gravé au 1/10000^e avec

le plus grand soin (1); il représente deux glaciers, venant, l'un du Schreckhorn, l'autre du Finster-Aarhorn, qui se réunissent pour former le glacier inférieur de l'Aar. La position d'un nombre considérable de blocs y a été rapportée d'après des relevés faits deux, trois et quatre fois chaque année, depuis 1841.

Le relevé successif de la position des blocs de la moraine médiane et celui des blocs placés sur les côtés du glacier ont donné le mouvement de la partie médiane, et celui des bords de la partie supérieure à l'extrémité du glacier.

Deux rangées parallèles de 22 pieux, comprenant une bande transversale de 150 mètres de largeur, ont en outre été plantées dans la glace; leur mouvement est consigné sur la pl. V, fig. 10 et 11, qui a été levée au 1/1000^e. La position primitive de ces pieux correspond à un espace remarquable du glacier, choisi pour ces observations à cause des accidents du terrain qui présente des arrêts dans les berges de la vallée, et par suite des crevasses dans la glace. Les fig. 10 et 11 indiquent tous les détails de la marche des pieux.

Ces observations se continueront, pendant mon absence d'Europe, par les soins de M. Dollfus, et fourniront des matériaux qui ramèneront les discussions à des faits incontestables.

L'inspection de la figure 12 montre que la moraine médiane s'élargit en descendant, tandis que l'observation de la position successive des blocs établit que la marche du glacier va en se ralentissant dans la partie inférieure. Dans la partie supérieure, elle est d'environ 80 mètres dans l'année, et cela d'une manière assez constante. Elle est de 60 mètres aux trois quarts de son cours, et se réduit à 28 mètres à l'extrémité inférieure; et cependant la pente de la surface du glacier, qui n'est dans le haut que de 3 à 4°, passe à 7° dans le bas. La vallée elle-même va en se rétrécissant, et malgré cela le mouvement se

(1) La planche dont parle M. Agassiz n'est pas encore publiée; on en trouve une réduction à la page 502 de l'intéressant ouvrage de M. Desor, qui a pour titre : *Excursions et séjour dans les glaciers et les hautes régions des Alpes, de M. Agassiz et de ses compagnons de voyage*. Neuchâtel, chez N. Kissing, et Paris, chez L. Maisson, quai des Augustins, 29. 1844. C'est cette réduction que nous avons reproduite pl. V.

ralentit, ce qui ne s'accorde guère avec l'hypothèse qui suppose qu'un glacier est une masse fluide, plastique, qui coule par l'action de la pesanteur.

La quantité de blocs qui se trouvent sur une coupe transversale d'une largeur déterminée à la surface du glacier, dans sa partie supérieure, occupe à son extrémité inférieure un espace plus grand que celui qu'ils occupaient au commencement, ou, en d'autres termes, les moraines vont en s'élargissant d'amont en aval, ce qui tient au ralentissement de la marche du glacier. En effet, comme dans la partie supérieure les moraines amènent constamment une quantité assez égale de blocs qui sont transportés avec une vitesse toujours moindre, les moraines doivent gagner en largeur à mesure que la marche du glacier diminue; c'est surtout distinct sur les moraines médianes qui ne s'enfoncent pas sous le glacier, comme certaines moraines latérales. Celles-ci ne se mélangent pas avec la moraine médiane. L'hypothèse de de Saussure, qui expliquait par les affluents latéraux la formation de la moraine médiane, est fausse. Les petites moraines latérales se confondent toutes plus ou moins, mais elles restent séparées de la moraine médiane. Chaque accumulation isolée de blocs, identiques par leurs caractères minéralogiques, indique autant de chutes périodiques ou accidentelles de roches qui ont été transportées ensemble sans se disperser. On retrouve des accumulations pareilles, dans des rapports semblables, parmi les blocs erratiques.

Sur les glaciers, les blocs des deux flancs de la montagne ne se mêlent jamais entre eux, ni avec ceux des moraines médianes; tout au plus, à force de s'élargir, finissent-elles par se toucher par leurs bords. Cette absence de mélange de traînées parallèles de blocs, comme aussi la présence d'accumulations sur un point de nombreux blocs de même nature, sera donc un caractère qui permettra de reconnaître et de distinguer les transports par glaciers des transports par les eaux.

Les blocs qui sont à la surface sur les bords des glaciers sont anguleux; ceux du fond sont arrondis, striés, etc.: tout cela se conçoit. Le glacier se mouvant sur le galet du fond, et le fixant comme une pierre précieuse dans sa monture, l'use et

le raie, tandis que ceux qui sont à la surface restent anguleux faute d'un pareil frottement.

Les galets burinés par le glacier et entraînés par les torrents perdent leurs stries pendant leur transport par les eaux, à une petite distance, à un quart d'heure de marche par exemple; d'où l'on doit conclure que les galets striés sont encore en place et n'ont été à aucune époque le jouet des eaux. Les matériaux des moraines coupées par des torrents, qui sont entraînés par les eaux, perdent très promptement leurs caractères glaciaires. On doit insister sur ces faits, car ils sont importants, et il semble que les géologues n'ont pas fait assez attention à ces différences, car nulle part on ne trouve d'indication précise sur l'aspect des surfaces des galets des terrains caillouteux.

On trouve également dans le terrain erratique des blocs anguleux sur des galets rayés; cela s'explique aussi par un transport analogue, puisque les glaciers auraient porté les blocs anguleux, qu'ils auraient abandonnés sur les galets du fond, et c'est encore là un trait qui doit être admis comme caractérisant le passage des glaciers.

Avec ces caractères, on pourra voir jusqu'où les glaciers se sont étendus, et on sera forcé d'admettre leur extension aussi loin que les phénomènes qui viennent d'être signalés se présenteront. Les géologues doivent rechercher à en constater la présence dans le plus grand nombre de lieux possible; c'est par là qu'on pourra faire l'histoire complète du phénomène. Isolément, chacun des caractères mentionnés est déjà important; mais c'est leur réunion qui donne la démonstration complète de l'ancien séjour des glaciers dans une localité.

Les glaciers sont stratifiés; ce point a été nié par beaucoup d'observateurs, dont je dois excepter M. Martins. Les couches dont ils sont formés sont parfaitement distinctes dans la partie supérieure; on les voit encore également bien, lorsqu'on a appris à les distinguer, dans la partie inférieure (pl. V, fig. 12). Le plan général du glacier (fig. 13 et 14) montre la trace des couches à sa surface.

M. Dufrénoy demande si les stries des galets sont un caractère aussi spécifique, aussi unique que semble l'indiquer M. Agassiz. Il croit que des stries peuvent avoir été produites par d'autres

causes que le mouvement des glaciers ; d'un autre côté , des galets striés , appartenant aux glaciers , peuvent avoir été transportés à de certaines distances sans que les traces de leur origine aient été effacées ; l'on voit , par exemple , dans le terrain de crag des fossiles jurassiques et crétacés ayant conservé leurs stries ; ils ont cependant éprouvé des transports assez longs. On voit encore dans le terrain tertiaire , aussi très récent , de Châtellerault , que les fossiles qui appartiennent à l'étage crétacé ont conservé leurs stries et toutes les autres traces d'organisme.

Sur l'observation de M. Deshayes , que les fossiles , à raison de leur légèreté , pouvaient subir un transport sans altérations aussi notables que des galets , M. Dufrénoy répond que les fossiles crétacés de Châtellerault avaient été convertis en silex , et ne conservaient rien d'organique.

M. de Roys ajoute qu'on pourrait joindre à la citation de Châtellerault celle des poudingues de Nemours , où un grand nombre de fossiles de la craie , convertis en silex , ont été transportés par un courant de même nature que les courants diluviens , et ont conservé les caractères organiques. J'ai remis , il y a dix ans , à M. Élie de Beaumont , un *Inoceramus concentricus* , converti en silex ; j'y ai trouvé souvent des fragments d'Ananchytes ; les stries et les joints des plaques , les ambulacres étaient encore très visibles. Je crois , à la vérité , qu'on ne peut nullement assimiler le transport par un courant diluvien , où l'eau doit être chargée d'une telle quantité de limon , que les matières transportées ne peuvent en quelque sorte frotter l'une contre l'autre , avec le transport des galets par un torrent où l'eau n'est jamais bien chargée de matières étrangères. C'est , je crois , une étude qui est encore à faire.

M. Agassiz , ne connaissant pas le mode de transport des fossiles dont il est question , ne voit pas comment l'on pourrait le comparer au transport des galets dans les courants des fleuves ou sur les bords de la mer. Dans tous les cas , l'étude de ce phénomène est à faire , car il ne se reproduit pas dans tous les terrains , et c'est à ceux qui s'en occupent à voir s'il a quelque analogie avec le mode d'accumulation des galets glaciaires.

M. Deshayes fait observer qu'il y a une grande différence entre les stries de coquilles d'un corps organique et celles d'un galet : les premières peuvent rester bien plus longtemps visibles, quand elles ne seraient pas plus grandes les unes que les autres, parce qu'elles se reproduisent dans l'organisation même de la coquille.

M. Dufrénoy répond que ce qu'il a dit s'applique à des moules. Il ajoute que les glaciers sont, pour ainsi dire, de notre monde ; ils sont postérieurs à un terrain tertiaire. La terre était habitée à peu près comme elle l'est actuellement, et cependant nous arrivons à des grandeurs de glaciers qui paraissent extraordinaires et peu compatibles avec ces faits.

M. Agassiz fait remarquer que les stries des roches en place et des galets sont un caractère très important, surtout parce qu'il est facile à observer, mais que ce n'est pas le seul. Il faut les trouver avec des blocs anguleux séparés de place et d'origine, et c'est à cette réunion, qui ne peut s'expliquer par un courant, c'est à la coïncidence de tous les caractères qui constituent le passage d'un glacier qu'il faut attacher de l'importance ; et, quant à la hauteur du phénomène, on peut toujours la mesurer en examinant la limite des polis et des aiguilles anguleuses qui les dominent.

Je crois, ajoute-t-il, que tout le monde est déjà d'accord sur le fait des oscillations des glaciers dans des limites restreintes, comme quelques kilomètres. Il n'y a donc plus à discuter que les grandes extensions : or, une fois qu'on s'étend dans les vallées alpines, on ne peut plus s'arrêter qu'au Jura, et là tous les caractères du séjour des glaciers sont réunis. Si on a observé les caractères de proche en proche, à partir des glaciers actuels jusqu'à cette chaîne, on est entraîné par les faits, on ne peut plus se refuser à l'évidence. Je n'ai pu croire d'abord aux conséquences que tirait M. de Charpentier de ses observations la première fois qu'il m'en a fait part. J'ai observé pour les combattre, et j'ai été converti à sa manière de voir.

La forme de la surface du glacier et son niveau sur ses bords dépendent de son orientation : le flanc N. est toujours plus bas que le flanc S. (Voy. la coupe suivante C. D., fig. 41, pl. V) ; cette différence est toujours très sensible quand le glacier est dans une

vallée E.-O., et cesse quand la vallée est N.-S.; la hauteur des moraines et des roches moutonnées présente le même phénomène. C'est la plus forte objection qu'on puisse faire contre l'hypothèse des courants (1).

M. Leblanc avait annoncé à la réunion des savants italiens, à Milan, qu'il avait observé ce phénomène pour les moraines anciennes, dans la vallée d'Aoste, quand elle était dirigée de l'E. à l'O., et qu'il avait cru remarquer aussi qu'il cessait dès qu'elle était dirigée du N. au S.

Le petit nombre de ses observations l'avait empêché d'en entretenir la Société; il avait conclu aussi que c'était une objection bien forte contre l'hypothèse des courants; car on ne peut pas concevoir que, selon l'exposition, ils s'élèvent plus ou moins sur les flancs des vallées.

M. Constant Prévost admet que les stries des galets sont rapidement enlevées dans les torrents; mais il demande cependant combien de temps cette opération peut exiger.

M. Agassiz répond que M. Favre a observé sur les bords de l'Arve, en amont de Genève, une moraine calcaire, à galets rayés, que la rivière ronge. Il a pu examiner les galets transportés de cette manière après chaque saison de crue, et n'en a pas retrouvé un seul, à cinq quarts de lieue, qui ne fût entièrement dépoli.

M. Martins rappelle l'expérience de M. Collomb, qui a mis dans un tonneau roulant sur son axe de l'eau et des galets, et qui a rapidement effacé ces stries, tandis qu'il a vainement offert une récompense à celui de ses ouvriers qui lui rapporterait un galet de torrent strié, et portant les traces terreuses de fond de glacier.

M. Constant Prévost demande s'il ne serait pas dangereux d'isoler un caractère et de s'en rapporter uniquement à lui.

M. Agassiz répond que cela est évident; que ce qui compose les phénomènes glaciaires, c'est la réunion de tous les caractères qu'il a signalés; ce qui ne diminue en rien la valeur des caractères isolés, lorsqu'ils sont bien étudiés.

M. de Verneuil dit que dans la Scandinavie, on trouve les

(1) Desor, 1842-1843, Léonhard et Bronn, coupe longitudinale.

blocs sur des galets ; mais que là on ne trouve pas de galets striés ; sur les osars, il y a un mélange complet de plusieurs roches.

M. Agassiz répond qu'il n'a pas vu la Scandinavie, mais qu'il a visité l'Écosse et l'Irlande, et qu'il y a trouvé le galet strié en abondance, ce qui n'avait pas été observé avant lui.

M. Dufrénoy fait à l'hypothèse de l'extension des glaciers cette objection, qu'avec une faune très semblable à celle que nous avons aujourd'hui, on ait eu une extension des glaciers qui devrait faire supposer une température de beaucoup inférieure à celle actuelle.

M. Grange répond que par des modifications climatologiques portant sur l'hygrométrie de l'atmosphère et sur les températures moyennes extrêmes de l'été et de l'hiver, on peut arriver à des modifications qui, sans changer ou en changeant très peu la température annuelle, peuvent entraîner une grande extension des glaciers.

M. Agassiz ajoute : Je me suis procuré des centaines de coquilles du Groënland, et j'ai pu constater leur identité parfaite avec celles du loem des environs de Glasgow, auxquelles M. Smith avait déjà assigné un caractère arctique. La même chose se retrouve dans le loem de la vallée du Rhin, d'après M. Brunet ; dans celui de la vallée du Danube, d'après des coquilles remises à M. Brun par M. Leblanc. Dans les cavernes à ossements, Cuvier cite des ossements de rennes, etc.

Tous ces faits paraissent concourir à faire reconnaître une faune arctique dans la zone tempérée, correspondant avec la grande extension des glaciers, qui a produit le phénomène erratique.

M. de Roys, à l'appui des observations précédentes, rappelle que l'étage supérieur du crag, que M. Lyell a nommé *crag de Norwich*, a présenté 92 espèces de mollusques, dont 48 encore vivantes. Une partie de ces dernières se trouve aujourd'hui dans la mer du Nord ; mais le plus grand nombre n'a été rencontré que dans les mers de Norvège, d'Islande et du Groënland. Le froid était donc beaucoup plus intense à l'époque de ce dépôt, vers cette latitude, qu'il ne l'est maintenant.

M. Pomel fait observer que le Renne trouvé à l'état fossile a

été considéré comme une espèce différente du *Cervus tarandus* par M. de Christol ; et comme les Cerfs habitent toutes les latitudes, la seule analogie avec une espèce arctique du genre ne serait qu'un fait de bien faible importance à invoquer en faveur de la théorie des glaciers. Mais comme il a reconnu que le fossile ne pouvait pas être différencié du vivant, ainsi qu'il l'a dit dans un Mémoire communiqué récemment à la Société, et comme l'avait antérieurement annoncé M. Puel, on ne peut pas trouver de preuve plus patente de l'existence, jusque dans les parties les plus méridionales de l'Europe, de températures analogues avec celles de la zone boréale ; et de plus, comme cette espèce se trouve presque dans tous les terrains qu'on nomme diluviens, on ne peut pas admettre que ce fait soit dû à des circonstances locales.

Il fait aussi remarquer qu'on peut citer beaucoup d'autres espèces dont l'habitat de nos jours est identique avec celui du Renne, et qui cependant l'accompagnent dans les mêmes gisements. Les *Arctomys*, les *Citillus*, les *Lagomys*, le Glouton, sont dans ce cas ; la prodigieuse abondance des Ours à la même époque ne s'observe aujourd'hui que dans les contrées boréales. Les genres d'aspect tropical, Éléphant, Rhinocéros, Hyènes, Felis, ne présentent que des espèces perdues, dont on ne peut préjuger les mœurs ; et, du reste, les deux espèces des premiers genres viennent même nous apprendre qu'elles ont été créées pour des climats rigoureux, dont devait les garantir la toison épaisse qu'on leur a reconnue.

M. de Verneuil ajoute à ses observations précédentes que si, dans le sud de la Suède et dans les plaines de Russie, les blocs erratiques offrent un mélange de roches très différentes, ce mélange diminue à mesure que l'on s'avance vers le Nord, et que dans la Dalécarlie, et surtout vers les lacs Siljan et Venjan, le diluvium est tout local et la surface du sol couverte de nombreux blocs anguleux, appartenant aux roches sous-jacentes.

M. Fauverge croit qu'un pareil abaissement de température dans ces parties de notre zone a dû nécessairement avoir lieu en hiver, lorsque cette saison régnait dans l'hémisphère septentrional, pendant que la chaleur des étés, durant cette longue

période, y était aussi plus intense, mais qu'elle n'a pas dû empêcher les glaciers d'occuper beaucoup plus d'étendue qu'ils n'en occupent aujourd'hui.

M. Dollfus Ausset décrit un procédé qu'il a vu pratiquer dans les Vosges pour fendre un bloc en deux ; il le croit assez peu connu et assez utile aux géologues pour mériter une description.

On sait, dit-il, que pour rompre les granites on se sert de la force expansive du bois sec, qu'on introduit dans les fentes qu'on a pratiquées et qu'on mouille ensuite.

L'opération que nous avons vu exécuter est fondée sur un autre principe : c'est pour ainsi dire une forte presse hydraulique qu'on parvient à se procurer immédiatement, et avec laquelle on fait éclater la pierre.

On perce un trou dans le bloc, on y verse de l'eau, on met dessus un tampon de toile, on pose par-dessus le fleuret qui a servi à faire le trou, on applique quelques coups de marteau sur sa tête ; la pression, le choc exercé sur la tête du fleuret se répartit sur les parois, et la pierre se fend. Plusieurs trous pareils peuvent être faits, et déterminer la fente dans le sens qu'on le désire, en réglant convenablement les coups.

M. Le Blanc fait observer que pour expliquer comment on obtient le même effet, quant à la fente des pierres, soit avec de la poudre pure, soit avec un mélange de poudre et de sciure de bois, soit avec un noyau solide placé au milieu de la charge, tandis qu'on ne l'obtient plus, quant à la projection des débris dans les mines pratiquées sous la terre, il avait comparé l'effet initial de la poudre, celui qui fait fendre les pierres, à une presse hydraulique, dont l'effort est très grand tant qu'il n'y a pas augmentation de la capacité qui contient l'eau, et qui cesse ensuite presque aussitôt si ce volume augmente. (*Mémorial de l'officier du génie*, t. VII.)

Les expériences de M. Dollfus viennent réaliser cette hypothèse théorique.

M. Virlet communique la note suivante :

Sur le gisement du titane rutile de Gourdon (Saône-et-Loire) et les noyaux de quartz qui l'enclavent, par M. Virlet d'Aoust.

L'étude des filons de quartz et autres matières éruptives qui traversent et injectent dans tous les sens les roches stratifiées d'une partie de la chaîne du Forez et des montagnes d'entre Saône et Loire, m'a fait reconnaître que les nombreux noyaux lenticulaires de quartz enclavés de différentes manières au milieu de ces roches sont, depuis les plus petits jusqu'aux plus volumineux, non, comme le pensent encore quelques géologues, le résultat d'une *ségrégation*, mais bien d'injections qui se lient à celle des filons proprement dits. Depuis que j'ai énoncé d'une manière générale cette opinion (1), M. Fournet, par une série de détails curieux, est aussi venu, de son côté (2), éclairer cette question, non moins intéressante pour la minéralogie que pour la géologie.

En effet, ces masses injectées ont souvent donné lieu à une *minéralisation* toute particulière, soit par la simple cristallisation des substances souvent très variées qui les accompagnent, soit en favorisant celle des matières qui composaient primitivement les roches ambiantes, soit enfin en déterminant entre les éléments originaux de celles-ci et ceux qui venaient s'y ajouter la formation d'espèces minérales nouvelles.

Le titane rutile appartient à cette minéralisation d'injection. Déjà, en 1829, j'avais reconnu que dans l'île de Syra cette substance minérale se trouvait enclavée dans les filons de quartz (3). Depuis, j'ai eu occasion de la rencontrer également à Villeneuve-en-Montagne, mais toujours détachée de sa gangue; et comme, d'un autre côté, j'avais remarqué que tous les échantillons provenant de Gourdon se trouvaient aussi constamment isolés, j'ai voulu reconnaître à quoi tenait cette particularité, et vérifier en même temps si l'*habitus* y était le même qu'en Grèce.

Le *Champ-Dubos*, où les amateurs vont rechercher le titane oxydé qu'on trouve à la surface du sol, surtout après une dénudation pluviale, dépend du hameau de Montbretange, commune de Gourdon; il est situé au N. magnétique de l'église, au milieu

(1) *Sur les filons en général*, etc. *Bull. de la Soc. géol.*, t. I^{er}, 2^e série, p. 833.

(2) *Sur l'étude d'une certaine classe de filons*, etc. *Ann. de la Soc. d'agr. de Lyon* (1845).

(3) *Géol. et Min. de la Morée et des îles de l'Archipel*, p. 66.

d'une bande schisteuse gneissique dont la direction est S.-O. N.-E., et sur laquelle se trouve également le village de Villeneuve. Les couleurs dominantes des roches de cette bande, souvent injectée de nombreux noyaux et filons de quartz et de pegmatite, sont le gris bleuâtre et le gris argental; mais dans la partie supérieure du champ à titane, le mica de ces roches prend, dans la direction du N. vrai et sur une étendue de plusieurs centaines de mètres, une couleur jaune dorée qui se communique au sol, et que j'ai naturellement été porté à regarder comme le résultat d'influences titanifères.

Ce n'est pas sans peine que je suis parvenu à bien constater le véritable gisement de titane de Gourdon, et à reconnaître que c'était aussi le quartz qui lui servait de gangue; la cause de son isolement habituel dans cette localité tient à ce qu'en surgissant le quartz s'est mélangé avec une partie des éléments micacés du sol, qui y déterminent une multitude de faux joints: or, comme les noyaux de titane se sont précisément formés vers les points où le mica était le plus abondant, celui-ci, toujours doré comme dans la partie du terrain qui vient d'être signalée, forme des espèces d'enveloppes qui isolent le titane du quartz: un simple choc du marteau ou de la charrue suffit pour diviser la masse, et c'est alors que le minéral s'en détache. Ce titane est quelquefois tellement lié au mica, que les lames de l'un semblent n'être que la prolongation et la transformation de celles de l'autre: aussi n'offre-t-il que très rarement des formes prismatiques bien arrêtées, et se présente-t-il presque toujours en masse amorphe.

C'est peut-être à des circonstances de cristallisations analogues que sont en partie dues les variations de densité des différents titanes oxydés, qui tiendraient ainsi plutôt à des mélanges accidentels qu'à des différences de composition; c'est du moins ce que l'on pourrait induire des différentes pesées faites par le jeune et savant chimiste de la manufacture royale de porcelaine de Sèvres, M. Alph. Salvétat; car un cristal prismatique de rutile de Villeneuve, pesant 6^{sr},411, a offert, à la température de 14° centigrades, une pesanteur spécifique de 42,352, tandis que brisé en deux, l'un des fragments a donné une pesanteur spécifique de 42,371, et l'autre de 42,455. Il est évident que c'est ce dernier chiffre qui doit le plus s'approcher de la pesanteur spécifique absolue de ce minéral. Un fragment de titane de Gourdon, débarrassé du mica qui y était adhérent, par sa fusion opérée dans le grand four à porcelaine, a donné 42,414 pour pesanteur spécifique.

Voici le résultat des analyses de ces titanes, faites par M. Salvé-

tat, d'après le procédé employé par M. Damour pour celui de Saint-Yrieix :

	Gourdon.	Villeneuve.
Acide titanique. . . .	0,9796	0,9847
Oxyde ferrique	0,0196	0,0072
Perte de manipulation.	0,0008	0,0081
	4,0000	4,0000

Le Secrétaire lit des observations de M. Ach. de Zigno *sur les terrains crétacés des Alpes vénitiennes*; mais ce Mémoire ayant déjà été publié en italien dans le tome VI des *Nouveaux Mémoires de l'Académie de Padoue*, les conclusions peuvent seules être reproduites ici.

« Ayant ainsi tâché de démontrer, dit M. Zigno, comment le *marmo majolica* représente chez nous le terrain néocomien et se rallie par les fossiles avec celui du bassin de la Provence, j'aurai par cela précisé dans quel groupe de la formation crétacée il doit avoir sa place, et facilité l'étude des autres bancs crétacés; car les observations et les faits que je viens d'exposer tendent à démontrer :

» 1^o Que la *scaglia* marneuse rouge n'a aucun rapport avec le calcaire rouge ammonitique couché sous le *Biancone* ;

» 2^o Qu'entre la première et le *Biancone* il y a une *scaglia* grise avec fucoides et le calcaire nummulitique crétacé, dont la place serait ainsi fixée immédiatement au-dessus du *marmo majolica* (1) ;

» 3^o Que le *Biancone* forme l'étage inférieur de notre système crétacé, et renferme une faune qui l'égale au terrain néocomien de la Provence et du Dauphiné ;

» 4^o Qu'enfin le *Biancone*, ou *marmo majolica*, étant assez bien développé en Lombardie et dans les provinces vénitiennes, on peut établir par là un point étendu de comparaison et un horizon bien marqué pour l'étude des dépôts qui l'accompagnent. »

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Delesse.

Notice sur quelques produits de décomposition des minerais de cuivre, par M. Achille Delesse, ingénieur des mines.

La plupart des mines de cuivre qui sont exploitées depuis un certain nombre d'années présentent divers produits de décom-

(1) M. de Collegno vient aussi d'établir pour la Lombardie cette même succession de couches.

position contenant du cuivre, et dont la formation se continue tous les jours; ils se déposent le plus ordinairement autour des puits et des galeries d'exploitation, comme le font les stalactites, ou bien quelquefois ils sont entraînés et tenus en suspension à l'état gélatineux dans les eaux qui sortent des mines. Ayant reçu de MM. Burat (1), Descloizeaux et Bertrand de Lom, une collection de ces divers produits cuprifères, provenant des mines de Temperino en Toscane et de Saint-Marcel en Piémont, j'ai pensé que quelques recherches sur leur composition chimique ne seraient pas dénuées d'intérêt.

Quand on vient à examiner les produits stalactiformes, on reconnaît qu'ils sont formés de couches concentriques très minces. Une même couche est en général homogène; mais les couches successives ont des couleurs diverses, et à ces différences de couleurs correspondent des différences dans la composition chimique.

Sous le rapport de la couleur, aussi bien que de la composition, on peut établir deux *catégories* dans les produits qu'on rencontre le plus ordinairement dans les mines que nous avons mentionnées ci-dessus : la *première* comprend les produits dont la nuance varie du blanc bleuâtre au bleu de ciel, au bleu verdâtre et au vert; la *seconde* comprend ceux qui sont noirs ou bruns-noirs. Un même morceau peut du reste présenter la réunion de toutes ces variétés.

Première catégorie. — On a d'abord fait l'analyse chimique de trois échantillons appartenant à la *première catégorie*.

1^o La première substance examinée est tenue en suspension à l'état gélatineux dans les eaux sortant au-dessous d'une ancienne exploitation de cuivre par une galerie d'écoulement qui débouche dans la vallée de Saint-Marcel et d'Aoste.

Cette substance, qu'on pensait d'abord devoir être un sous-sulfate de cuivre, ne contient ni acide sulfurique ni acide hydrochlorique ou phosphorique; l'eau dans laquelle on la recueille ne contient même pas de cuivre en dissolution.

Dans le tube fermé, la substance donne beaucoup d'eau, et prend une couleur bleu sale : elle fond au chalumeau.

Avec le carbonate de soude et le phosphate de soude, on a les réactions du cuivre; sur le charbon, on reconnaît aussi qu'il y a un peu d'antimoine.

Tous les caractères qu'elle présente sont ceux d'une combinaison excessivement instable.

(1) Voir, pour la description de ces gîtes de minerais de cuivre, le traité des minéraux de M. Burat.

Elle est décomposée à froid par une dissolution de potasse, et il se forme de l'hydrate bleu d'oxyde de cuivre.

Avec le carbonate d'ammoniaque, l'oxyde de cuivre se dissout à très peu près complètement; il reste de la silice et de l'alumine à un état presque gélatineux; on ne peut toutefois employer ce moyen pour l'analyse; car il est très difficile de séparer les dernières parties d'oxyde de cuivre. Exposée à des vapeurs d'hydrogène sulfuré, la substance brunit, et il se forme un peu de sulfure de cuivre.

Cependant l'oxyde de cuivre entre bien à l'état de combinaison, car la matière ne devient pas noire par une longue ébullition dans l'eau ni par calcination.

Si, dans les analyses qui suivent, on compare les résultats qui ont été obtenus dans deux opérations, il sera facile de constater par leur divergence qu'il y a dans la substance de la silice et peut-être de l'alumine à l'état de mélange.

2° On a opéré ensuite sur une substance d'un blanc bleuâtre provenant de stalactites qui se déposent dans les galeries de la mine de cuivre de Temperino près Campiglia en Toscane: elle a un aspect farineux et elle ne présente pas de consistance.

On l'a traitée par l'eau pour rechercher si elle renfermait des parties solubles; on a reconnu ainsi qu'elle est formée de parcelles excessivement ténues, et qu'il est difficile de la filtrer. Par l'évaporation l'eau de lavage s'est colorée légèrement en bleu, et a laissé un résidu très faible de sulfate de chaux avec une trace de silice et d'oxyde de cuivre.

En reprenant la partie insoluble par l'acide hydrochlorique, une très légère effervescence a montré qu'il y avait un peu de carbonate de chaux, mais qu'elle contenait principalement de la silice, de l'alumine et de l'oxyde de cuivre. L'évaporation de l'eau-mère a donné une trace d'alcali qui a paru être de la soude.

Par la calcination, pour le dosage de l'eau, la matière devient d'un vert noirâtre sale.

3° La troisième substance examinée provenait de concrétions des puits de la mine de Temperino, dans lesquels sa formation est assez rapide pour qu'elle finisse par y causer des obstructions; elle était formée de couches concentriques d'un bleu légèrement verdâtre qui passe même au vert quand la substance est desséchée à 100°.

Pour l'analyse on a pris des fragments appartenant à une même couche, qui présentaient la même couleur, et qui étaient bien homogènes; ils étaient légèrement transparents.

En recherchant la densité des diverses parties desséchées à l'air libre, on a trouvé des densités comprises entre 1,95 et 2,25. La densité des morceaux analysés, desséchés à 100° devient plus grande, elle est de 2,47.

Dans le tube fermé, la matière donne de l'eau et prend une couleur sale.

Au chalumeau, elle fond, mais difficilement, en donnant une scorie poreuse, présentant la coloration du cuivre.

Elle se dissout dans le sel de phosphore avec les réactions du cuivre, mais on a un squelette de silice qui nage dans la perle. Avec le carbonate de soude on observe les mêmes réactions, et la dissolution de la substance n'est pas complète.

Elle s'attaque avec facilité, même par l'acide acétique, ainsi que cela a lieu pour la substance du numéro 2, et on observe un dégagement faible d'acide carbonique, dû à la présence d'un peu de carbonate de chaux.

De même que les deux substances précédentes, elle est décomposée par le carbonate d'ammoniaque, qui dissout l'oxyde de cuivre; de plus, après calcination, elle devient, comme elle, inattaquable ou très difficilement attaquable par les acides. Ce dernier fait montre bien que, dans tous ces produits de la première catégorie, l'oxyde de cuivre entre à l'état de combinaison et non pas simplement à l'état de mélange.

Pour l'exécution des analyses qui sont consignées dans le tableau suivant, on a procédé d'après la marche ordinaire: l'eau était dosée par calcination; on dissolvait la matière dans l'acide hydrochlorique, et l'on séparait le cuivre de l'alumine par l'hydrogène sulfuré; il était ensuite dosé à l'état d'oxyde après avoir été précipité par la potasse.

	I. Saint-Marcel.		II. Temperino	III. Temperino.
	1 ^o	2 ^o	1 ^o	2 ^o
Silice	43,2	40,4	35,7	20,2
Alumine	44,2	44,8	47,5	49,6
Oxyde de cuivre. . .	»	35,8	44,8	28,00
Eau.	»	35,7	28,0	32,3
Oxyde d'antimoine. .	»	2,00	»	»
Alcali.	»	»	trace	»
Carbonate de chaux. .	»	»	2,8	4,3
Sulfate de chaux. . .	»	»	1,2	»
Matière organique . .	»	0,6	»	»

Si l'on fait abstraction du carbonate et du sulfate de chaux ainsi que des diverses substances accidentelles qui sont mélangées, on

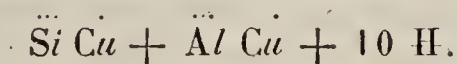
voit par ce tableau que pour les deux mines dont nous avons parlé, les produits modernes de décomposition, dont la couleur varie du blanc bleuâtre au bleu et au vert, sont tous des *hydrosilicates* d'*alumine* et d'*oxyde de cuivre*.

L'examen de ces substances, surtout de celle désignée sous le n° 3, montre bien que l'oxyde de cuivre y entre à l'état de combinaison, et c'est ce qui résulte, du reste, de la calcination, de l'ébullition dans l'eau, et de la séparation de la silice, ainsi que de l'alumine à l'état demi-gélatineux quand on fait digérer la substance avec du carbonate d'ammoniaque.

Mais il y a en outre de la silice et même de l'alumine qui peuvent accompagner l'hydrosilicate à l'état de mélange : lorsque la couleur de la substance est pâle, d'après les analyses qui précèdent, elle contient plus de silice et moins d'oxyde de cuivre.

Ces mélanges de substances, qu'il est impossible de séparer du composé, à cause de son instabilité, et parce qu'il est immédiatement décomposé par la potasse, rendent très difficile la détermination de la formule de l'hydrosilicate d'alumine et de cuivre qui se forme dans ces circonstances : cependant on peut essayer d'y arriver d'après l'analyse III qui a été faite sur une substance un peu transparente, et qui ne paraissait pas présenter de mélange.

Si l'on retranche le carbonate de chaux, et si l'on suppose qu'une partie de la silice peut remplacer l'alumine dans le rôle d'acide qu'elle joue par rapport à l'oxyde de cuivre, ou plutôt qu'elle est en excès à l'état de mélange dans le minéral, on trouve que les résultats de l'analyse III ne seraient pas très éloignés de la formule

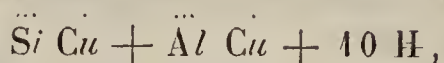


Le calcul de cette formule, mis en regard des résultats de l'analyse III, donne, en effet :

	Expérience.	Rapports		Calcul.
Silice	24,08	4,944	soit 3	17,34
Alumine	17,83	4,556	3	19,26
Oxyde de cuivre.	28,37	4,000	2	29,72
Eau.	32,72	5,023	10	33,71
	400,00			400,00

On pourrait alors admettre que tous ces produits de décompo-

sition sont principalement formés par un silico-aluminate de cuivre hydraté ayant pour formule



et qu'ils peuvent être mélangés de diverses proportions d'eau hygrométrique de silice, et peut-être même d'alumine.

Deuxième catégorie. — Il reste maintenant à parler d'une deuxième catégorie de produits de décomposition des mines de cuivre; ce sont ceux qui sont noirs ou bruns-noirs.

Il y en a qui sont noirs compactes et qui ont un éclat gras résinoïde; pulvérisés, ils donnent une poudre brune; tantôt ils présentent des couches parallèles, semblables à celles des stalactites, et tantôt, au contraire, ils forment de petites taches isolées, disposés d'une manière très irrégulière au milieu des produits précédents.

On n'a pas fait une analyse de cette dernière variété; mais on a reconnu, à l'aide du chalumeau, qu'elle fond avec facilité, et qu'elle ne contient ni chlorure ni soufre; elle se dissout dans le sel de phosphore, en laissant cependant un squelette de silice; avec le carbonate de soude, elle fait effervescence, et on a un squelette qui nage dans la perle; dans le borax, la dissolution se fait d'une manière facile. Avec tous les réactifs qui précèdent on a d'ailleurs des phénomènes de coloration qui indiquent la présence d'une grande quantité de cuivre.

Ainsi la substance contient encore de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de cuivre; mais il est possible qu'ici les matières ne soient plus à l'état de combinaison, et qu'elles se trouvent seulement à l'état de mélange; c'est ce que semblerait indiquer leur couleur noire, qui doit être attribuée sans doute à de l'oxyde de cuivre libre et anhydre.

On a encore examiné une variété du produit précédent, qui forme des couches spongieuses, pulvérulentes, tachant fortement les doigts, et ayant une couleur brune foncée; elle était recouverte, même complètement entourée par des couches d'un vert bleuâtre, qui devaient être d'une origine postérieure.

La substance ne paraît pas présenter une grande homogénéité; car, au milieu des parties pulvérulentes, on aperçoit des parties moins compactes, à éclat résineux, et qui appartiennent à la première variété dont nous venons de parler. Ses propriétés, au chalumeau, sont identiques avec celles déjà décrites antérieurement. Elle donne une coloration bleue quand on la met en digestion

avec le carbonate d'ammoniaque; elle est attaquée avec vivacité par les acides, et, avec l'acide hydrochlorique, on a un abondant dégagement de chlore; la silice gélatineuse qui reste conserve la forme concrétionnée qu'avait la substance. L'examen de la dissolution fait voir qu'elle contient une très grande proportion de manganèse.

Une analyse quantitative, exécutée sur de la matière préalablement desséchée, a donné :

Silice	8 ^g ,33	} 400
Oxyde de cuivre.	6,66	
Oxyde de manganèse.)	64,96	
Alumine et fer.		
Carbonate de chaux.	2,51	
Magnésie et soude.	0,44	
Eau.	17,40	

On n'a pas dosé l'oxyde de manganèse; mais, en le séparant, on a reconnu qu'il formait plus des trois quarts du précipité; l'autre quart était de l'alumine, et il n'y avait que des traces de fer.

Un deuxième essai, exécuté sur de la matière prise sur la même couche de stalactite, a donné pour la quantité de silice 7,49; elle ne paraît pas être constante, ainsi que cela a déjà été observé pour les substances précédentes.

En résumé, on voit, d'après ces essais, que les produits de la deuxième catégorie, qui se trouvent plus particulièrement dans l'intérieur des stalactites, sont formés d'oxyde de cuivre anhydre ou d'oxyde de manganèse hydraté, suivant qu'ils sont noirs ou bruns; ces oxydes sont mélangés en diverses proportions avec de la silice et de l'alumine.

La présence de la magnésie et de la soude qui accompagnent l'oxyde de manganèse, fait voir que le mode actuel de formation doit avoir de l'analogie avec celui qui a produit l'oxyde de manganèse qu'on trouve dans la nature, lequel est presque toujours accompagné de bases, comme la baryte et la potasse.

Les hydrosilicates de cuivre des divers terrains sont des produits de décomposition. — L'examen des échantillons d'hydrosilicate de cuivre qui se trouvent dans les divers terrains et dans les mines en exploitation, aussi bien que dans les principales collections de minéralogie de Paris, et en particulier dans celles du Jardin du Roi et de l'École des mines, m'a fait voir qu'ils présentent tous la plus grande ressemblance avec les produits de décomposition.

modernes des mines de cuivre qui viennent d'être étudiés, et qu'ils ont nécessairement la même origine; car, quand on examine les hydrosilicates qui se trouvent dans les filons, ils ne se présentent pas dans des druses ou des géodes, à la manière, par exemple, des zéolithes dans les roches basaltiques: en sorte que, même en faisant intervenir la pression, il ne serait guère possible de concilier leur formation avec la théorie ignée des filons; mais on peut en quelque sorte avoir des preuves directes de leur mode de formation.

En effet, il est facile de reconnaître, sur un grand nombre d'entre eux, les ondulations et la forme extérieure des stalactites; ils ont aussi une cassure cirreuse et grasse; ils présentent des enduits et des mamelons déposés sur des roches d'origine plus ancienne. Quelquefois même on peut y observer nettement des parties testacées et des couches concentriques qui se distinguent très bien par des différences dans la couleur.

De même que dans les stalactites cuprifères modernes, les parties intérieures sont souvent pulvérulentes, farineuses et beaucoup plus friables que les parties extérieures, qui sont ondulées et résistantes.

Il y en a qui paraissent cariées comme la meulière: c'est ce qui a lieu, par exemple, pour la sommervillite, comme l'indique M. Berthier, et aussi pour quelques échantillons du Chili: or, ce résultat doit se produire dans les stalactites, lorsqu'au milieu des parties compactes sont intercalées des parties pulvérulentes qui disparaissent ensuite; on peut observer, en effet, cette structure cariée sur quelques échantillons de la mine de Tempérino.

On voit donc, par ce qui précède, que la structure montre une analogie complète entre les produits modernes des mines de cuivre et les hydrosilicates de cuivre qu'on trouve dans les filons ou dans les différentes formations stratifiées; et c'est ce qui résulte aussi de la couleur; car, de même que les produits modernes, ils présentent toutes les nuances depuis le blanc légèrement bleuâtre jusqu'au vert, leur couleur tirant, toutes choses égales, d'autant plus sur le vert qu'ils sont plus desséchés et renferment une moindre proportion d'eau. Il y en a, comme la sommervillite (1), qui jouissent d'une propriété analogue à celle de l'hydrophane, et deviennent transparents dans l'eau: or, on a constaté que la variété moderne de Tempérino, analysée sous le n° III, présente cette propriété comme la sommervillite.

(1) Berthier, t. II, p. 449.

Enfin, sur un grand nombre d'échantillons, on peut observer des parties noires ou brunes, ayant un éclat gras, une cassure résineuse, et se trouvant surtout à l'intérieur des échantillons où elles sont recouvertes par des parties bleues ou vertes, comme nous l'avons observé dans les stalactites cuprifères modernes. Ces parties résineuses et ternes, qui sont quelquefois accompagnées de dendrites de manganèse, sont disposées, soit par taches, soit par couches, dans les hydrosilicates bleus ou verts; elles sont identiques, pour l'aspect, pour les propriétés physiques et pour la composition chimique, avec les produits modernes de la deuxième catégorie, que nous avons examinée précédemment, et, comme eux, elles ne présentent pas d'homogénéité.

On retrouve donc les deux catégories de produits que nous avons distinguées dans les substances qui se forment encore de nos jours par décomposition dans les mines de cuivre. Par conséquent, d'après ce qui précède, la structure et la composition démontrent que l'origine est la même.

Du reste, n'est-ce pas ce qui semblerait indiquer aussi la diversité des résultats obtenus dans les analyses des hydrosilicates de cuivre? car si l'on fait exception pour la *dioprose*, pour le cuivre hydrosiliceux de Haüy (1), qui est cristallisé, et aussi pour le *kieselmalachite* et la *sommervillite*, dans l'analyse desquels M. Berthier (2) a pris soin d'enlever la silice en excès par une dissolution de potasse, et n'a opéré que sur la portion qui paraît avoir résisté à l'action de l'alcali, chaque analyse nouvelle d'un hydrosilicate de cuivre crée un minéral nouveau. On pourrait multiplier en quelque sorte indéfiniment les espèces, en faisant l'analyse d'hydrosilicates qui, à cause de leur uniformité de couleurs, semblent homogènes, et qui présentent toutes les nuances depuis le blanc bleuâtre jusqu'au vert.

D'après cela, il semble donc assez naturel d'admettre qu'il y a un mélange d'un hydrosilicate de cuivre avec diverses proportions de silice ou d'alumine, ou avec des argiles, ainsi que cela a lieu pour les produits modernes qui prennent naissance actuellement par décomposition dans les mines de cuivre, et par conséquent le mode de formation a dû être le même.

(1) Haüy, *Minéralogie*, III, p. 474. Prisme rhomboïdal droit dont les angles sont $103^{\circ} 20'$ et $76^{\circ} 40'$. Peut-être même y a-t-il eu erreur dans sa détermination, car cette espèce minérale n'est pas reproduite dans des ouvrages de minéralogie postérieurs.

(2) *Ann. de chimie*, t. LI, p. 402.

Cette conclusion s'accorde aussi avec le mode de gisement des hydrosilicates de cuivre ; car quoiqu'on les trouve dans les filons , l'observation a appris qu'ils sont accompagnés de pyrite et de sulfure de cuivre , de cuivre gris , et qu'ils sont surtout abondants dans les parties les plus rapprochées de la surface ; avec eux il y a de plus du carbonate de cuivre , qui a dû se former par l'action de l'acide carbonique de l'air sur l'oxyde de cuivre provenant de la décomposition des pyrites , tandis que l'hydrosilicate de cuivre prenait naissance par la combinaison de cet oxyde avec la silice. Du reste , la structure concrétionnée et testacée que présente dans un grand nombre de cas le carbonate de cuivre , et surtout la *malachite* , qui est employée dans la bijouterie , démontre que c'est à des effets de décomposition qu'on doit attribuer son origine.

On rencontre bien aussi les hydrosilicates de cuivre dans les terrains stratifiés , principalement dans les grès , dans les grès rouges , dans la weisliegende , à sa partie supérieure et immédiatement au-dessous du kupferschieffer , qui contient surtout des pyrites de cuivre , et enfin dans le grè bigarré ; mais dans tous ces gisements , l'hydrosilicate est accompagné de minéraux dans lesquels le cuivre est combiné avec le soufre , et comme il ne peut s'être formé par voie de sublimation , il résulte évidemment de leur décomposition et d'infiltrations produites par les eaux ; en même temps , il est toujours accompagné de carbonate de cuivre , qui s'est formé par l'action de l'acide carbonique de l'air.

Mais on a une preuve plus concluante de ce qui vient d'être dit ci-dessus en examinant les substances qui accompagnent ordinairement les hydrosilicates de cuivre. Quelles sont , en effet , ces substances , qui tantôt sont intimement mêlées à l'hydrosilicate , et tantôt sont séparées à l'état cristallin ? Ce sont , comme l'examen d'un très grand nombre d'échantillons nous l'a appris , les carbonates de chaux et de cuivre , les arséniates et les phosphates de cuivre , les sulfate de chaux et de plomb , l'oxyde noir de cuivre , les oxydes de fer et de manganèse , mais surtout la silice. Or , nous avons vu que presque toutes ces substances accompagnent aussi les produits modernes de décomposition qui se forment dans les mines de cuivre , et que de plus elles se trouvent absolument au même état.

En effet , la silice se présente presque toujours avec les hydrosilicates de cuivre. Quelquefois elle est en état de calcédoine botryoïde , comme cela s'observe sur des échantillons du Chili , ou bien à l'état de quartz ; mais le plus souvent elle est intimement mêlée dans la masse de l'hydrosilicate , à l'état de silice immédia-

tement soluble dans la potasse : c'est ce qui a été constaté pour plusieurs hydrosilicates, et principalement pour diverses variétés de kieselmalachite, ainsi que l'a fait observer M. Berthier.

L'oxyde de fer accompagne comme gangue un très grand nombre d'échantillons; il paraît même pouvoir former des combinaisons avec la silice et l'oxyde de cuivre, comme dans l'hydrosilicate brun de Sibérie qui a été décrit et analysé par M. Damour (1); c'est lui aussi qui, en combinaison avec les mêmes substances, forme la variété rare connue par les mineurs et les minéralogistes sous le nom de cuivre hydraté résinite.

L'oxyde noir de cuivre et l'oxyde de manganèse se rencontrent aussi très fréquemment, ainsi que nous l'avons déjà signalé. Ils forment des taches noires irrégulières, de petits amas friables et pulvérulents, ou bien encore des couches noires ou brunes concentriques aux couches bleues. Ces oxydes sont le plus souvent accompagnés de silice intimement mélangée avec eux, et qui présente l'aspect corné qu'elle prend quand, étant à l'état gélatineux, elle a été desséchée lentement sur un filtre; c'est elle qui leur donne un éclat résineux. Le carbonate de cuivre est souvent cristallisé, et l'on conçoit qu'il a dû se former par l'action de l'acide carbonique de l'air; sa structure concrétionnée démontre d'ailleurs qu'il est produit à la manière des stalactites. Le carbonate de chaux entre à l'état de mélange dans un grand nombre d'hydrosilicates, comme le démontrent les diverses analyses qui en ont été faites, et qui sont rapportées dans le Manuel de minéralogie de Rammelsberg (p. 340). Il forme quelquefois aussi des cristaux sur l'échantillon.

Le sulfate de chaux qui se trouve dans les produits modernes a été signalé dans des analyses de chrysocolle faites par John (2); et certains échantillons présentent du sulfate de chaux et du sulfate de plomb cristallisés, ainsi que des arsénates et des phosphates de cuivre.

Ainsi les substances qui accompagnent ordinairement les hydrosilicates de cuivre sont celles qu'on retrouve dans les produits modernes de décomposition des mines de cuivre de Tempérino et de Saint-Marcel.

Il ne faut pas même en excepter l'alumine; car bien que le cuivre hydrosilicaté proprement dit n'en contienne que quelques centièmes, on la retrouve avec abondance dans les allophanes cu-

(1) *Annales des mines* de 1837.

(2) Beudant, t. II, p. 193.

prifères, qui ne sont évidemment qu'un cas particulier du phénomène de décomposition qui donne naissance aux produits dont nous nous occupons en ce moment.

L'allophane s'attaque toujours avec gelée par les acides comme les produits cuprifères modernes, et elle contient ordinairement du cuivre qui paraît être à l'état d'hydrosilicate ; du reste, les résultats très divergents obtenus dans les analyses de ce minéral, lorsqu'il contient du cuivre, sembleraient indiquer qu'il est mélangé de silice et peut-être d'alumine dans diverses proportions. L'allophane est également accompagnée de carbonate et de sulfate de chaux, de carbonate de cuivre, d'oxyde de fer et de manganèse, ainsi que cela résulte de l'examen que nous avons fait de quelques échantillons, et des descriptions des chimistes qui l'ont analysée.

En résumant ce qui précède, on voit qu'il serait peut-être opportun de ne pas regarder comme autant d'espèces différentes les nombreuses variétés d'hydrosilicate de cuivre adoptées jusqu'ici ; car leur nombre peut, pour ainsi dire, s'accroître indéfiniment. Vauquelin pensait déjà que c'étaient des mélanges d'oxyde de cuivre hydraté avec la silice (1) ; mais il résulte de ce qui a été dit précédemment qu'il y a incontestablement combinaison de la silice avec l'oxyde de cuivre et l'eau : seulement, les variétés que les hydrosilicates présentent dans la couleur tiennent à des proportions variables de silice mélangée, comme cela a été observé dans les produits modernes, et à la quantité d'eau ; car en les desséchant, on peut les faire passer du bleu au vert.

Il convient, par la même raison, de ne pas créer davantage des espèces minérales nouvelles pour désigner les parties noires ou brunes qui accompagnent l'hydrosilicate vert ; car ce sont des mélanges d'oxyde de cuivre, d'oxyde de manganèse et de fer avec de la silice, ou même de l'alumine avec de l'hydrosilicate vert.

On voit aussi que les hydrosilicates de cuivre doivent être rangés, par rapport aux minéraux antimoniés et sulfurés de cuivre, dans la classe de ceux que M. Haidinger appelle *minéraux parasites* (2). Tout porte même à croire que dans un grand nombre de cas, comme par exemple pour les terrains stratifiés, cela doit être étendu aussi aux substances que nous avons reconnu les accompagner d'une manière à peu près constante, et qui sont surtout l'oxyde noir, ainsi que les carbonates de cuivre.

(1) *Ann. de chimie*, t. LXXXVI, p. 256.

(2) *Ann. des mines de 1828*. — 2^e livraison.

Mode de formation. — Pour se rendre compte de la manière dont l'hydrosilicate de cuivre a pu se former dans la nature, on peut observer que, dans la plupart de ses gisements, le cuivre se trouve à l'état de minéral sulfuré et surtout de cuivre pyriteux; par l'action de l'air atmosphérique, les pyrites se décomposent, et le produit de cette décomposition est du sulfate de cuivre, qui, comme on le sait, sort en abondance des anciennes galeries, ainsi que cela a lieu dans les mines de Hongrie. Mais souvent aussi il arrive que ce sulfate, qui exerce des réactions acides, décompose les roches formant la gangue du minerai, à travers lesquelles il s'infiltré; il entraîne alors avec lui, ou même il dissout beaucoup mieux que ne le ferait de l'eau pure, la silice, l'alumine, les oxydes de fer, de manganèse, et les alcalis qui entrent dans la composition des roches qui ont été attaquées.

Quand il rencontre du carbonate de chaux, il doit nécessairement se produire un phénomène de double décomposition: du sulfate de chaux se précipite, et en même temps de l'hydrate d'oxyde de cuivre est déposé; mais la silice et l'alumine qui étaient tenues en dissolution à l'aide du sulfate de cuivre, ne tardent pas à être déposées; la silice à l'état naissant se porte sur l'hydrate de cuivre, pour lequel elle a beaucoup d'affinité; car on sait que, dans l'analyse d'un silicate de cuivre, il est très difficile de séparer les dernières parties d'oxyde de cuivre de la silice. On conçoit donc d'après cela la formation de l'hydrosilicate d'alumine et de cuivre; on conçoit aussi la présence du carbonate de cuivre, celle du carbonate et du sulfate de chaux, celle du sulfate de plomb et des oxydes de fer et de manganèse.

Il peut encore se former des produits de décomposition contenant de l'hydrosilicate de cuivre avec du sulfate, comme cela résulte d'une analyse faite par M. Berthier sur un échantillon du Chili (1). Il est du reste facile d'expliquer la formation des arsénates et même des phosphates de cuivre, par des phénomènes de double décomposition ou par des réactions analogues à celles qui ont été signalées récemment par M. Damour pour les arsénates (2).

Souvent aussi on trouve du cuivre natif et du cuivre oxydulé, qui accompagnent des morceaux contenant de l'hydrosilicate: or, on pourrait se rendre compte de leur formation, en admettant qu'elle est due à la réduction de l'oxyde de cuivre par des matières orga-

(1) *Ann. des mines*, 3^e série, XIX, p. 698.

(2) *Ann. de chimie et de physique*.

niques à l'aide de la chaleur développée par la transformation des pyrites.

Du reste, la forme concrétionnée qu'affectent presque toutes ces substances est une preuve nouvelle de leur origine, et démontre qu'elles sont des produits analogues aux stalactites, et qu'elles proviennent de la décomposition des pyrites de cuivre; cette forme peut surtout s'observer très bien sur la malachite verte de Sibérie, qui sert aux objets d'ornements, et sur les oxydes de manganèse.

Les parties brunes et noires se formeront quand l'oxyde de cuivre déposé n'aura pas rencontré de silice ou ne sera pas combiné avec elle, et l'on conçoit qu'il pourra alors passer à l'état d'oxyde noir. D'après les analyses qui précèdent, la liqueur qui produit les infiltrations doit dans ce cas contenir des bases en excès qui sont les oxydes de fer et de manganèse, lesquels sont mélangés avec la silice et l'oxyde de cuivre; le mode de dépôt de l'oxyde de fer et de l'oxyde de manganèse est du reste le même que dans le phénomène général de décomposition des roches dont M. Ebelmen (1) a entrepris l'étude, et dont le phénomène qui nous occupe n'est qu'un cas particulier.

M. le Vice-Secrétaire donne lecture de la lettre suivante de M. Toschi.

Monsieur le Président,

Permettez que je m'adresse à vous pour présenter à la Société que vous présidez si dignement, et à laquelle j'ai l'honneur d'appartenir, un catalogue de quelques débris fossiles d'animaux découverts à différentes reprises dans le terrain subapennin des environs d'Imola en Romagne, et cela dans le seul but d'augmenter le nombre des matériaux propres à servir aux savants qui s'occupent des sciences naturelles d'une manière complète et générale.

Vous me permettrez en même temps de saisir cette occasion de faire remarquer que ce catalogue; rédigé tout dernièrement par M. Scarabelli, possesseur d'une partie de ces fossiles, et qui s'occupe beaucoup de la géologie de son pays, cite entre autres une défense d'éléphant qui par son gisement, son état, et même par ses dimensions, se trouve dans des conditions tout-à-fait analogues à une défense citée par M. Prémoré dans le *Bull. de*

(1) *Ann. des mines de 1845.*

la Soc. géol., année 1839-40, page 165, et qu'il dit avoir découverte à Differdange.

Le même terrain ensevelit à la fois tous ces différents fossiles, qui d'ailleurs sont disséminés par couches à différents étages; ce terrain, par sa composition, qu'on trouve désignée dans le catalogue même, et par son étonnante concordance de stratification avec les marnes subapennines, sur lesquelles il repose, ainsi que la présence des coquilles marines d'espèces caractéristiques qui accompagnent toujours les ossements, ne laissent pas douter qu'il ne doive être considéré, sous le point de vue de son époque géologique, comme un prolongement du terrain pliocène, qui, en avançant, va se cacher sous le diluvium dont on commence déjà à apercevoir quelques blocs erratiques.

L'étendue du pays dans lequel ces ossements se trouvent ensevelis n'est pas très grande, si on veut la comparer à ce qu'on entend ordinairement par le mot environs d'une ville, puisqu'on ne rencontre de pareils fossiles que du côté sud de la ville même, au-delà du Santerno, fleuve qui limite dans cette localité les derniers prolongements des collines qui descendent par degrés de l'Apennin jusqu'à la grande plaine de la Romagne. C'est dans ce fleuve Santerno que vont aboutir les quatre ruisseaux le long desquels on a déterré une partie de ces ossements, comme on peut le voir dans le catalogue, et c'est peut-être pour cela qu'un fragment de corne de cerf a été trouvé dans le fleuve même.

Dans l'espoir de donner à la science quelque chose d'un plus grand intérêt, les recherches seront poussées avec plus d'ardeur si la Société veut bien accorder son indulgence à ce petit travail que je vous envoie, monsieur le président, avec les plus vives protestations d'estime et de respect.

Ossements fossiles découverts dans les environs d'Imola, en Romagne.

NOMS DES ANIMAUX.	NOMBRE PROGRESSIF.	NOM PARTICULIER DE CHAQUE OS.	ÉPOQUE ET LOCALITÉ DE LA DÉCOUVERTE.	Observations.
ÉLÉPHANT.	1	Partie d'un tibia...	Ruisseau de Bergullo, année 1845.	Ces os appartiennent tous au même individu, et ils ont été exhumés d'un terrain composé de sable quarzeuso-calcaire conchylière.
	2	Partie supérieure et fémorale d'un tibia.		
	3	Rotule.		
	4	Fragments de métatarse.		
	5	Os du tarse.		
	6-12	Différents os à déterminer.		
ÉLÉPHANT PRIMIGENIUS.	13	Deux dents molaires.	Ruisseau Pratella.	Appartenant au même individu ? Terrain quarzeuso-calcaire.
	14	Partie de deux molaires.		
ÉLÉPHANT.	15	Partie d'une autre molaire.	Vallée delle Grazie, 1858. Ruisseau Pratella.	Dans le même sable : plus grand diamètre, 0 ^m , 22; plus petit, 0, 19.
	16	Partie d'une molaire qui n'est pas encore sortie de l'alvéole.		
	17	Partie moyenne d'une défense.		
RHINOCÉROS.	18	Partie d'une mâchoire	Ruisseau Bergullo, 1844. Ruisseau Pratella, 1844. Ruisseau delle Grazie.	Dans le même sable déjà cité.
	19	Douze dents molaires appartenant à des mâchoires supérieures.		
	20	Partie d'une mâchoire ?		
HIPPOPOTAME.	21	Dent molaire insérée dans une partie de mâchoire, et fragment d'une autre dent détachée.	Ruisseau Pratella, 1844. Ruisseau delle Grazie, 1844.	Dentière assise de la marne bleue subapennine.
	22	La partie du sommet d'une dent canine.		
	23	La partie moyenne d'une dent canine		
CHEVAL.	24	Partie d'un métatarse	Ruisseau Pratella. ?	Dans le même sable.
	25	Quatre dents molaires		
RUMINANT.	26	Différentes dents molaires	Mont Castellaccio. Ruisseau Pratella. Fleuve Sauterno.	Diamètre moyen, 6 centimètres.
	27	Os indéterminé.		
	28	Partie inférieure d'une corne.		
CERF.	29	Deux fragments, peut-être de radius.	Ruisseau de Goccianello. Ruisseau Pratella.	Dans le même sable.
	30	Fragment d'une corne		
	31	Parties de deux dents molaires		
VOLATILE.	32	Fragment d'une mâchoire	Ruisseau de Goccianello. Ruisseau Pratella.	Dans le même sable.
	33	Extrémité d'un humérus.		
	34-36	Os et dents qui viennent d'être recueillis tout dernièrement dans le même sable quarzeuso-calcaire, et qui ne sont pas encore déterminés.		

M. le Président donne lecture de la lettre suivante de M. Ed. Ruinart de Brimont, trésorier.

Monsieur le Président,

Des raisons de santé me forçant de quitter Paris, je me trouve dans la nécessité de résigner mes fonctions de trésorier de la Société géologique de France. Je vous prie, en conséquence, de vouloir bien accepter ma démission.

Veillez être assez bon, monsieur le président, pour exprimer aux divers membres qui avaient concouru à mon élection tout le regret que j'en éprouve.

Agréez, je vous prie, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Par suite de cette démission, MM. les membres de la Société seront ultérieurement convoqués pour nommer un nouveau trésorier.

Séance du 20 avril 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DE VERNEUIL.

M. Le Blanc, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. KÆPPELIN, imprimeur-lithographe, quai Voltaire, 15, à Paris, présenté par MM. Viquesnel et de Verneuil.

M. le Président annonce quatre présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. Alcide d'Orbigny, *Paleontologie française*, *Terrains crétacés*, livraisons 109, 110; *terrains jurassiques*, livraison 37.

De la part de M. Léopold Pilla, *Breve cenno*, etc. (Court

aperçu de la richesse minérale de la Toscane); in-8°, 225 p. Pise, 1845.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1846, 1^{er} semestre, t. XXII, nos 14 et 15.

L'Institut; 1846, nos 640 et 641.

L'Écho du monde savant; 1846, nos 28 à 31.

Annales de l'Auvergne, t. XIX, janvier et février 1846.

The Athenæum; 1846, nos 963 et 964.

The Mining Journal, 1846, n° 556.

Boletín oficial de minas de España; n° 35, 1^{er} octobre 1845.

Le Secrétaire pour l'étranger donne lecture de la note suivante :

Note de M. L. Pilla indiquant le contenu de son ouvrage sur la richesse minérale de la Toscane.

Le titre de mon ouvrage peut faire croire que son intérêt est purement industriel ; cependant on y traite des questions qui touchent de très près aux théories de la science géologique.

Dans la première partie j'ai donné la description de toutes les substances minérales utiles de la Toscane, de leurs gisements et des différents accidents qu'elles présentent. J'ai décrit le gisement très remarquable d'une houille assez semblable par sa composition au *cannel coal* des Anglais, mais plus parfaite aussi et plus riche en charbon. Elle se trouve dans le terrain tertiaire moyen de Monte-Bamboli, dans la Maremma. J'ai discuté l'origine et la formation de cette substance très singulière, dont j'ai attribué la production aux actions plutoniques très récentes, qui ont accidenté le sol de la Toscane. J'ai fait à ce propos une remarque très curieuse, qui me semble de quelque intérêt pour la science, c'est le contraste frappant qu'il y a entre les terrains anciens de la Russie, avec apparences récentes, et les terrains modernes à houille de la Toscane, qui ont une physionomie ancienne : j'ai aussi indiqué la cause évidente de cette différence, qui nous met à même de juger des forces qui ont fait varier les conditions originaires des dépôts sédimentaires (*Appendice*, page 168).

Je me suis arrêté principalement sur les riches dépôts de *minerais de cuivre*, qu'on a découverts ces dernières années dans les fameux *gabbri* de Toscane. Cette découverte a été une vraie conquête pour

la science et pour l'industrie; la science en a profité beaucoup. En prenant connaissance du gisement très remarquable de ces dépôts, j'ai trouvé qu'ils forment de vrais filons, mais d'un ordre un peu différent de ceux qui sont connus en Allemagne et dans les autres parties du nord de l'Europe : ils tiennent intimement aux éruptions des roches ophiolitiques, dont ils ont constitué les accidents particuliers. J'ai tâché surtout d'éclaircir leurs *affleurements* à la surface des roches dans lesquelles ils sont encaissés. L'industrie a gagné infiniment à cette découverte, à cause de la grande richesse de ces dépôts; elle en tirera un avantage incalculable, si on considère le grand nombre de ces dépôts dont on voit les indices dans les nombreux *ilots de gabbri* qui traversent le terrain hétrurien.

Dans les montagnes de Campiglia et de Massa-Maritima le sol est comme criblé d'une infinité de puits et de galeries qui ont été creusés par les anciens pour l'exploitation des mines de cuivre et de plomb; probablement ces exploitations remontent aux temps des Etrusques. L'étude de ces localités peut être d'un intérêt particulier en Europe sous le rapport de l'*archéologie des mines*. J'ai fait connaître les minerais qui étaient l'objet des travaux anciens, et leurs gisements dans des filons pyroxéniques admirables et dans des roches de quartzites éruptives si surprenantes, qu'en quelques endroits elles ressemblent à des scories et jusqu'à des ponce de volcans.

Les gîtes de minerais de mercure dans les Alpes Apuennes sont aussi une découverte toute nouvelle. J'ai donné une description un peu détaillée de ces dépôts, sur lesquels sont tournées les vues de plusieurs compagnies industrielles. Il y a en Toscane des dépôts de minerais d'antimoine, qui sont exploités avec activité. Les plus intéressants sont ceux de Pereta dans le Massetano, remarquables par les superbes cristaux d'antimoine rouge épigène qu'ils fournissent, et par leur gisement dans une espèce de solfatare, qu'on peut considérer comme un résidu des dernières actions plutoniques qui ont affecté le sol de la Maremma.

Les marbres de la vallée de Seravezza dans les Alpes Apuennes sont peut-être les plus célèbres qu'on connaisse *par leur variété*. Ils sont précieux sous le rapport de l'industrie aussi bien que sous celui de la science. J'ai décrit les différentes espèces de ces marbres, les accidents qui les accompagnent, et surtout j'ai tâché de déterminer leur âge géologique précis. J'ai rattaché leur gisement à celui des marbres de Carrare : les uns comme les autres se rapportent au *lias* de l'Apennin. Je dois ajouter ici que les marbres

statuaires font partie *exclusivement* du lias; on ne les rencontre jamais dans la formation jurassique, qui est séparée du lias par des caractères de position et des fossiles bien tranchés; il semble que la première formation ait échappé à l'action métamorphique, qui a modifié la seconde. Je dois appeler aussi l'attention des géologues sur cette circonstance, qu'à partir du *marbre statuaire* du Monte-Altissimo on passe par des nuances insensibles au *bianco ordinario*, au *bardiglio fiorito*, au *bardiglio comune*, jusqu'au *marbre noir* de la vallée de la Tecchia et des montagnes d'Asciano dans les monts Pisans, qui par ses fossiles se lie d'un autre côté au marbre de Portovenere dans la Spezia; toutes ces variétés sont des suites d'une même formation liasique. J'attribue toutes ces nuances aux différents degrés de l'action que les causes métamorphiques ont exercée sur des calcaires imprégnés de matières carbonneuses; il semble que ces matières ont été épargnées dans les calcaires noirs, que dans les *bardigli comuni* elles ont été dissipées en partie; dans les *bardigli fioriti* elles se sont évanouies en certains points plus complètement qu'en certains autres; enfin on peut présumer qu'elles ont été entièrement soustraites dans les marbres statuaires, et qu'à cette circonstance on doit attribuer la cause de leur extrême pureté. Les chimistes pourront chercher un moyen d'expliquer ce transport d'une matière jugée fixe, que l'inspection des faits rend très évident.

Parmi les nombreuses pierres d'ornement de la Toscane, j'ai décrit les gisements des fameux albâtres de Volterra, des calcédoines de Monte-Prufoli, qui fournissent les matières principales aux célèbres *travaux de mosaïque* de Florence. J'ai donné aussi des notices sur les granites de décoration de l'Elbe. Sous la rubrique des substances acides et salines on a fait mention des sources salées ou des *Moie* de Volterra, qui fournissent tout le sel employé en Toscane; ces sources jaillissent dans des argiles gypseuses miocènes. On a décrit les alunites très connues de Montioni, qui dérivent par une modification incompréhensible des roches du macigno. Je me suis occupé surtout à donner des détails sur la production de l'acide borique dans les célèbres *Lagoni* de Toscane. L'extraction de cette substance, qui, après bien des essais infructueux, est exécutée à présent par un procédé simple et ingénieux, est une preuve nouvelle de la nécessité des sciences physiques pour la prospérité des entreprises industrielles. Il était nécessaire de faire connaître les particularités de cette industrie unique en Europe, qui a émancipé les arts du tribut qu'ils payaient au commerce de l'Inde.

Les minéraux de curiosité scientifique ne forment pas la dernière branche de la richesse minérale de la Toscane. Les seuls minéraux de l'île d'Elbe, qu'on a eu soin d'indiquer, figurent dans tous les musées de minéralogie publics et particuliers.

La Toscane est un pays très abondant en *eaux minérales*. J'ai donné une liste des principales connues et de leurs propriétés physico-médicales générales. Il est digne de remarque que leurs sources se trouvent presque toutes dans la portion de ce pays qui a été le plus bouleversée par les actions ignées.

J'ai jugé nécessaire de dire quelque chose sur les circonstances géologiques du sol toscan par rapport au creusement des puits artésiens : on trouvera aussi dans mon travail une notice sur les puits de cette nature qu'on a déjà perforés dans ce pays.

Cette espèce de statistique minérale de la Toscane est terminée par un catalogue de tous les minéraux, des roches, des terrains et filons qui se trouvent dans ce pays : ce catalogue pourra toujours être utile à consulter.

En dernier lieu j'ai procédé à une recherche tout-à-fait scientifique, qui ne manque pas d'avoir son application à la partie pratique : c'est-à-dire j'ai examiné les causes géologiques qui ont produit l'accumulation de toutes ces substances minérales en Toscane. J'ai montré que ces causes peuvent être rapportées à trois séries d'actions plutoniques, savoir :

1° *Les causes métamorphiques qui ont opéré sur les roches des Alpes Apuennes*, en les modifiant dans de vastes étendues, et en y amassant différentes substances métalliques. A ces actions sont liées les filons plombo-argentifères de la vallée de Seravezza et de Val-di-Castello, les minerais de cinabre du mont de Ripa, les filons de fer oxydulé qu'on voit en différents endroits, enfin la modification des calcaires liasiques en marbres statuariers, *barbigli*, etc. Il semble que ces phénomènes ont été produits antérieurement à la période jurassique.

2° Les éruptions ophiolitiques, qui ont donné naissance aux filons cuprifères ; on peut lier aussi à ces éruptions l'origine des calcédoines, des jaspes, des albâtres, et du sel gemme de Toscane. L'âge de ces éruptions, et, par conséquent, de la production des substances qui s'y rattachent, semble bien fixé postérieurement à la formation du macigno, antérieurement au dépôt des terrains tertiaires récents.

3° Les épanchements des roches granitiques, porphyriques et trachytiques dans les îles et dans la Maremma toscane, auxquels doivent leur origine la plus grande partie des dépôts métallifères

de l'Elbe, du Campiglièse et du Massetan. Au même ordre d'accidents se rattachent les alunites de Montione, et la conversion des combustibles fossiles de Monte-Bomboli en houille parfaite. Je pense qu'à la même cause se rapporte la production de l'acide borique dans les *Saffioni*; on doit considérer ceux-ci comme des résidus non éteints entièrement ou comme des témoins de ces actions passées; j'y ai déjà rallié les nombreuses sources thermales, qui jaillissent dans le territoire de la Maremma. Comme tout annonce que les éruptions dont on parle ont été postérieures aux dépôts subapennins, on voit bien qu'à la même période doit remonter l'origine de la plus grande partie des substances utiles susmentionnées.

Les deuxième et troisième parties de mon travail se rapportent à des matières qui regardent en particulier la Toscane.

Je ne saurais terminer cette note sans vous annoncer une nouvelle découverte que je viens de faire relativement au terrain hétrurien. Près de la ville de Massa-Maritima dans la Maremma toscane il y a une formation d'un macigno particulier, dont l'âge n'avait pas été bien défini jusqu'à présent : cette formation est superposée aux couches de calcaire (*alberese*), et de schistes appartenant à la formation du macigno ordinaire. On rapportait vaguement cette roche au terrain tertiaire d'après la considération de ses caractères minéralogiques; en effet, elle ressemble à certains grès qu'on trouve en Toscane dans le terrain miocène; mais sa position me faisait naître des doutes sur cette détermination, d'autant plus qu'un examen des échantillons de cette roche, fait en passant dans la ville même de Massa-Maritima, m'induisait à la rapporter au terrain hétrurien supérieur. Mais il était nécessaire de confirmer cette opinion par quelque fait positif; c'est ce que j'ai réussi à faire à l'occasion d'une visite récente dans cette localité. J'ai eu le bonheur d'y trouver parmi les autres fossiles plusieurs exemplaires de la *gryphæa columba*. Les paléontologues pourront en juger par la description de ces fossiles et par leurs figures, que je m'occupe de publier dans un travail spécial, dans lequel je vais réunir tout ce que j'ai écrit jusqu'ici sur le terrain hétrurien. Voilà une autre localité d'Italie où se trouve la *gryphæa columba* dans un terrain jugé tertiaire : ce fossile et la superposition au macigno identifient absolument la formation de Toscane à celle du Vicentin : dans l'une comme dans l'autre localité c'est l'étage supérieur du terrain hétrurien. Du reste, dans la monographie que je vais publier on trouvera un grand nombre de faits nouveaux, qui établissent d'une manière incontestable l'indépen-

dance du terrain hétrurien, et sa division en deux étages bien distincts.

M. Frapolli écrit du Hartz, qu'ayant appris les attaques dirigées contre son Mémoire sur la rade de Brest par M. Rivière, il se propose de répondre à ces attaques quand l'impression lui en aura fait connaître la nature.

M. Virlet présente un beau fragment poli de psarolithe silicifiée, qu'il a recueillie à Mellier, canton de Souvigny (Allier), où on les trouve en assez grande abondance au milieu des champs, mais toujours en fragments détachés, comme aux environs d'Autun. Dans l'Allier, ces psarolithes paraissent bien évidemment appartenir à un grès souvent très siliceux de la formation triasique, dans lequel M. Boulanger avait déjà signalé, dans des localités voisines, à Autry-Issard, dans la forêt de Messarges, l'abondance de nombreux végétaux silicifiés, qu'il regarde comme appartenant à la classe des végétaux monocotylédons (page 184 de sa *Statistique géologique et minéralurgique de l'Allier*).

M. Viquesnel donne lecture d'une lettre de M. Catullo, dans laquelle le professeur de Padoue s'attache à démontrer, par des faits, que les glaciers ne sont pas les seuls agents capables de polir et de strier les roches. M. Catullo rappelle l'éboulement, en 1786, du mont Spitz, dans le Bellunais. Les eaux pluviales, en s'infiltrant entre la surface inclinée de la roche argileuse formant la partie inférieure de la montagne et celle du calcaire qui constituait la sommité, ont occasionné le glissement de ces dernières couches. La surface aujourd'hui découverte de la roche argileuse présente des sillons creusés par les eaux pluviales. (*Trattato sopra i terreni postdiluviani della provincia Veneta*, p. 112, 2^e édition.)

La même cause produit encore des surfaces polies sur les socles qui servent de base aux pyramides dolomitiques du mont Antelao, etc. M. Catullo rappelle encore que le poli et les stries de certaines roches ont été considérés par M^{sr} Rendu comme un effet de cristallisation, et par M. Chamousset comme le résultat des secousses qui ont fendillé les roches et des mouvements vibratoires qui ont usé les parois opposées des fentes

(*Bulletin*, Réunion de Chambéry). L'auteur de la lettre attribue cette croûte mince, luisante et cristalline aux infiltrations pluviales, et appuie son opinion sur des observations qu'il a faites dans la masse de cuivre pyriteux d'Agordo (*Trattato sopra i terreni postdiluviani*, 2^e édition, p. 433 et suivantes). Enfin il ne voit dans les Alpes Bellunaises aucune surface polie et striée qui n'ait été produite par l'eau.

M. de Verneuil communique la lettre suivante de M. Paillette.

Madrid, 27 mars 1846.

Dans mes recherches sur quelques unes des roches des Asturies, recherches publiées par la Société géologique de France, j'ai laissé dans le doute ou dans le vague plusieurs questions dignes d'une étude sérieuse et soutenue.

Le premier mémoire avait été presque uniquement rédigé dans le but d'appeler l'attention des savants sur certains faits de la paléontologie d'une des formations carbonifères les plus intéressantes, et peut-être aussi l'une des plus riches du monde connu.

Les notes qui suivent auront pour objet l'examen plus approfondi de quelques unes des particularités qui caractérisent les localités charbonnières importantes, soit par leur situation géologique, soit aussi par les couches de houille qu'on y a reconnues.

Groupe de Pola de Lena et de Mierès del Camino.

En parlant de ce groupe dans le mémoire précité, j'ai signalé des inflexions du terrain carbonifère autour de grosses îles de calcaire d'une époque antérieure. Dans mon esprit ces îles formaient comme la charpente osseuse autour de laquelle s'étaient réunis divers membres de la formation carbonifère proprement dite.

Là où je voyais parmi ces îles calcaires quelques traces de stratification assez régulière, là où je reconnaissais quelque vestige de fossiles mal conformés, je supposais, sans pouvoir toutefois offrir l'ombre d'une garantie, que quelques unes d'entre elles se rapprochaient des époques silurienne et dévonienne.

Mais cette année j'ai eu occasion de pousser mes investigations jusqu'au centre de ces îlots dont les plus remarquables sont ceux de Tudela et de Monte-Aramo... Et, ce qui dans l'origine m'avait paru assez simple s'est présenté à mes yeux sous un aspect beaucoup plus compliqué. Les plis et les contournements violents des

couches à charbon (1), principalement autour du Monte-Aramo, ne me semblent pas facilement explicables, attendu l'*absence absolue jusqu'à ce jour* de roches de soulèvement au milieu de ces masses.

Après m'être assuré que certains calcaires de leur centre n'offraient aucune trace de stratification, plus d'une fois je me suis surpris revenant aux hypothèses de Davy, et me demandant si quelques calcaires d'aujourd'hui n'auraient pas été amenés au jour, dans l'origine de leur formation, à l'état de simples oxydes de calcium? Plus d'une fois je me suis creusé la tête pour savoir si de pareils redressements n'auraient pas été produits par quelques unes de ces vastes formations ferrifères, qui abondent vers les hautes montagnes, et que j'avais crues jusqu'à ce jour des grès ferrugineux (2).

Enfin j'ai cherché à m'expliquer quelques uns des phénomènes de refoulement de conches sous des angles souvent très aigus : à *Lena* par l'apparition des sublimations cinabrifères et arsenicales (orpiment, réalgar) qui, par suite des recherches faites, laissent des traces de leur présence sur une ligne à peu près nord-sud, depuis Castillo de Lena jusqu'au Val-de-Cuna, c'est-à-dire sur plus de deux lieues de longueur ; à *Mierès* par la brèche cinabrifère avec rares fragments de pétrosilex, qu'on reconnaît depuis la Pena jusque non loin de Sama, brèche souvent accompagnée de morceaux de houille fragmentaire.

Je vous l'avouerai franchement, monsieur, aucune de mes hypothèses ne me conduisait à l'une de ces conséquences claires et précises qui donnent du charme et de la valeur à un travail géologique.

Dans la vallée de Lena et Mierès, dont l'orientation générale est du nord au sud (N. 5° à 10° E.), la rivière paraît avoir suivi un axe parallèle au côté oriental des calcaires massifs del Aramo, parallèle lui-même aux gîtes cinabrifères de la Carolina, la Carmelitana, la Isabel, la Deseada, la Confianza, etc., gîtes qui, comme je l'ai dit tout-à-l'heure, laissent des traces de leur continuation jusque du côté du Val-de-Cuna. Sur la rive gauche du Rio-Lena, c'est-à-dire entre la rivière et l'Aramo, cette filée cina-

(1) Je dis exprès terrain à charbon, parce que je crois que nous avons en Asturie plusieurs formations différentes contenant des couches de véritable houille.

(2) J'ai reconnu dans un de ces minerais de fer des points où ils avaient une composition voisine de celle de l'amphibole.

brifère est peut-être le seul fait régulier qu'on y observe. J'en traiterai plus au long lorsque j'aurai terminé le plan de tous les groupes de mercure des Asturies.

Dans cette étendue de terrain du côté de Munon-Cimero et de Munon-Fondero, comme aussi et principalement dans le vallon latéral du Naredo, le géologue ne rencontre pas de directions suivies tant soit peu étendues. Quant aux pendages, généralement groupés vers l'est, les inflexions auxquelles ils sont sujets sont à la fois des plus nombreuses et des plus variées.

Je dois dire, pourtant, qu'en dépassant les régions moyennes et en s'approchant del Aramo, les directions ne varient plus qu'entre N. 15° E. et N. 20° E.

Sur la rive droite du Rio-Lena tout se présente au contraire avec beaucoup plus de régularité. C'est ainsi que les couches de charbon (1), qui, du côté de Colombiello, viennent du S. S-E. un peu S., se dessinent à Saint-Félix par N. 25° à 30° E., pour prendre ensuite sous Carabanzo un orientation N. 45° E.

C'est alors qu'elles coupent l'axe principal de la vallée, passent sur la rive gauche et montent vers Val-de-Cuna.

Dans l'avancée de Carabanzo toutes les couches sont parfaitement brouillées. Cela se comprend facilement; car Carabanzo est justement vers l'extrémité d'un V très aigu que forment les couches carbonifères sur la rive droite du ruisseau d'Aller, au-dessus de Santa-Cruz.

Sans rechercher plus loin ce que deviennent les couches ainsi divisées, couches dont un des membres s'élève vers le pic de Turon dans la direction du N.-E, et dont l'autre suit longtemps l'un des côtés de la route de Castille à Oviédo jusque tout près de Mierès, examinons les caractères qu'offrent les parties les mieux étudiées autour de Lena.

Sur la rive gauche (entre la rivière et l'Aramo), plissements nombreux, couches calcaires abondantes, couches de houille disloquées ou amas de charbon, véritables poches de combustible; gîtes cinabrifères et arsenicaux; pendages à l'E.; fossiles qui indiquent une formation carbonifère inférieure.

Sur la rive droite, près de Casanueva, couches presque rectilignes, grès et schistes infiniment plus abondants que les calcaires; lits de fer carbonaté lithoïde, poudingues à galets ellipsoïdaux

(1) Sur le mur d'une de ces couches, au Prado del Huerto, on voit beaucoup de *Productus aplatiss*.

de quartzite ou de grès très quartzeux ; inclinaison à l'O., fossiles plus franchement carbonifères que les précédents.

A Mierès, où les fossiles sont beaucoup moins abondants, on retrouve pourtant la couche à Bellérophons avec tous ses caractères.

Groupe de Puerto-Suebe.

Après Mierès et Pola de Lena, l'un des groupes qui ont le plus attiré mon attention a été celui du Puerto-Suebe, dont l'axe fait, comme le Canigou dans les Pyrénées-Orientales, un angle d'environ 45° avec celui de la grande vallée des Asturies. Pareil au Canigou, Puerto-Suebe se dessine au loin avec des formes particulières et s'élève majestueusement au-dessus de la mer, qui en baigne le pied septentrional.

Mais, tout différent au contraire du Canigou, Puerto-Suebe ne contient pas, que je sache, de roches dites ignées. Sa masse centrale est de calcaire, et pourtant presque partout autour de lui sont relevées des couches carbonifères, voire même des roches plus modernes contenant des nummulites (vers las Incas et l'Infiesto). Il est vrai qu'ici quelques dykes peu épais de roche amphibolique peuvent donner lieu à des hypothèses autres que celles qui m'ont vivement préoccupé.

Les anthracites de Biñon, de Colonga, de Borines et de Liberdon seraient-ils des charbons plus gras dans l'origine et devenus plus maigres aujourd'hui?

Ce fait est-il le résultat des apparitions de dykes amphiboliques en général beaucoup moins puissants que je ne le croyais il y a un an? Pourrait-on ici faire jouer également un rôle au cinabre de Carabia, lui aussi peu distant de la ligne de séparation des calcaires du Puerto-Suebe et des roches carbonifères?

Telles sont les questions que je me suis posées souvent, et que je ne saurais résoudre encore.

Vous comprendrez donc avec quelle impatience nous attendons tous ici la carte de notre savant confrère D. Guillermo Schulz, inspecteur général des mines.

Peut-être les faits s'éclairciront-ils davantage quand nous connaîtrons mieux le revers méridional de notre cordillère, où les terrains à charbon ont pareillement éprouvé de violentes dislocations. Là du moins quelques traces de roches éruptives apparaissent de loin en loin ; elles nous fourniront, il faut l'espérer, de précieux documents sur un problème dont la solution me paraît fort difficile.

Vous comprendrez encore combien nous devons être pressés de savoir votre opinion sur les fossiles que je vous ai expédiés.

Si vous croyez, monsieur, que cette lettre, destinée à fixer vos idées sur le gisement de ces mêmes fossiles, mérite l'attention de vos collègues, vous pouvez la lire à la Société géologique.

Plus tard je vous communiquerai de nouveaux documents. Je n'attends pour cela que quelques instants de liberté qui seront mis à profit, et que j'emploierai à coordonner des faits constatés et rapportés trigonométriquement sur les plans des concessions houillères.

A la suite de cette lecture M. de Verneuil communique la note suivante.

L'ensemble des fossiles que M. Paillette nous a envoyés de plusieurs localités situées autour de Pola de Lena et de Mierès, del Camino (Asturies), y indique l'existence du véritable système carbonifère, et se distingue d'une manière tranchée des fossiles dévoniens de Ferroñes que nous avons décrits précédemment (1). C'est un fait très intéressant, qui, en confirmant à l'égard de l'Espagne la distinction du groupe carbonifère d'avec les groupes inférieurs, vient accroître l'importance de la limite qui l'en sépare, limite sur laquelle nous avons déjà, il y a plusieurs années, appelé l'attention de la Société (2).

Parmi les fossiles de M. Paillette plusieurs sont nouveaux et propres aux localités où il les a recueillis; d'autres sont déjà connus dans l'Europe occidentale; quatre, le *Phillipsia Eichvaldi*, les *Spirifer Mosquensis* et *incrassatus* et l'*Orthis eximia* ont été trouvés en Russie; et enfin une espèce, le *Spirifer Condor*, paraît être identique avec un fossile découvert par M. Alc. d'Orbigny dans les Andes du Pérou, près du lac de Titicaca. Les espèces les plus communes sont les *Productus semireticulatus* (*P. antiquatus*) et *lobatus*, les *Spirifer Mosquensis*, *incrassatus* et *lineatus*, les *Orthis striatula* et *Michelini*, la *Chemnitzia rugifera* et la *Littorina cia*.

L'*Orthis striatula* est, comme on sait, une espèce qui presque partout se trouve à la fois dans les couches carbonifères et dévoniennes. Les individus que l'on rencontre si abondamment dans le groupe carbonifère de Pola de Lena sont plus petits et

(1) Voir *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, vol. II, p. 458.

(2) *Ibid.*, 1^{re} série, vol. XI (1839-1840), p. 166.

plus renflés que ceux des calcaires dévoniens de Ferroñes qui acquièrent de très grandes dimensions et se rapprochent de l'*Orthis resupinata*. Les petites Trilobites découvertes par M. Paillette appartiennent, comme dans tous les dépôts carbonifères des autres contrées, au genre *Phillipsia* (Portlock), le dernier représentant de cette grande famille d'animaux si multipliés et si variés aux époques précédentes. Ainsi donc les recherches de M. Paillette conduisent à cet important résultat, savoir : qu'il existe une concordance complète entre l'Espagne, et les autres parties de l'Europe sous le rapport de la succession des êtres dans les deux grands systèmes dévonien et carbonifère.

Nous croyons utile de donner ici par localités la liste des fossiles que nous avons reçus.

TERRAIN CARBONIFÈRE DE POLA DE LENA.

1° CASANUEVA, PRÈS SAINT-FÉLIX.

Phillipsia Eichwaldi (Asaphus, id. Fisch.). *P. Derbyensis*, de Koninck ; *Bellerophon hiulcus*, Sow. ; *B. decussatus*, Flem. ; *Littorina Cia* (nova species) (1) ; *Murchisonia abbreviata*, de Kon. (2) ; *Loxonema Hennahiana*, Phill. (3) ; *Chemnitzia Lefebvrei*, de Kon. (4) ; *C. rugifera*, de Kon. ; *Macrocheilus acutus*, Phill. ; *Euomphalus tabulatus*, Phill. ; *E. bifrons*? Phill. ; *Turbo Hæninghausianus*, de Kon. (5) ; *Natica variata*, Phill. ; *N. elliptica*, Phill. ; *Cardium*, voisin du *C. rostratum*, de Kon. (*C. elongatum*, Sow.) ; *Nucula tumida*, Phill. (6) ; *Terebratula pugnus*, Sow. ; *Spirifer Mosquensis*, Fisch. ; *S. lineatus*, Sow. ; *Orthis striatula*, Schlot. ; *O. Michelini*, de Kon. ; *Productus semireticulatus* (*P. antiquatus*, Sow.) ; *P. tenuistriatus*.

(1) Très jolie espèce de 20 millimètres de longueur environ, entièrement couverte de tubercules petits et serrés.

(2) Les échantillons des Asturies ont une grande ressemblance avec la *Turritella fasciata* Lamarck, du terrain tertiaire.

(3) Cette espèce appartient, en Angleterre, aux couches dévoniennes, et ce n'est qu'avec doute que nous y rapportons les coquilles d'Espagne. On pourrait peut-être les rapprocher aussi de la *Chemnitzia scalaroiden* de Koninck, espèce carbonifère.

(4) Nos échantillons sont un peu plus courts et plus renflés que l'espèce à laquelle nous les réunissons.

(5) La coquille à laquelle nous donnons ce nom est très abondante à Casanueva ; elle diffère un peu du *T. Hæninghausianus* par ses moindres dimensions.

(6) Nos échantillons sont identiques avec ceux du terrain houiller de Glasgow.

de Vern. ; *Platycrinites granulatus*, Miller ; *P. laevis* ? id. ; piquants de *Cidarites* ; *Cyathophyllum* ; *Retepora*.

2° COUCHES UN PEU PLUS RAPPROCHÉES DU CHARBON QUE CELLES DE CASANUEVA.

Euomphalus, petit et semblable à un individu jeune de l'*E. pentangulatus* ; *Terebratula planosulcata* (*Spirifer*, id., Phill.) ; *Orthis Michelini*.

3° LA RIRAYA, PRÈS CASANUEVA, CHEMIN DE SAINT-FÉLIX AUX HOUILLÈRES.

Phillipsia Derbyensis ; *Littorina Cia* ; *Chemnitzia rugifera* ; *C. Lefebvrei* ; *Avicula* (nova species) ; *Orthis striatula* ; *O. Michelini*.

4° CHEMIN DE SAINT-FÉLIX AUX HOUILLÈRES.

Bellerophon hiulcus, Sow. ; *Chemnitzia rugifera* ; *C. Lefebvrei* ; *Avicula* (la même que sous le n° 3) ; *Spirifer lineatus* ; *S. striatus*, Sow. ; *Orthis striatula* ; *O. Michelini* ; *O. crenistria* (*Spirifer*, id., Phill.) ; *O. arachnoidea* (*Spir.* ; id., Phill.) ; *Productus lobatus*. Sow. ; *Cyathophyllum*.

5° EL VALLE, PRÈS POLA DE LENA.

Bellerophon hiulcus ; *B. decussatus* ; *B. Naranjo* (jeune individu de celui de Mierès del Camino) ; *Chemnitzia rugifera* ; *C. Lefebvrei* ; *Natica variata* ; *Murchisonia abbreviata* ; *Capulus* (nova species) ; *Terebratula Roissyi*, de Vern. ; *Spirifer Mosquensis* ; *S. incrassatus* ; Eichwald (1) ; *Orthis Michelini* ; *O. striatula* ; *O. arachnoidea* ; *Productus semireticulatus* ; *Actinocrinites triacontadactylus*, Miller (le calice est assez complet) ; *Cyathophyllum*.

6° CHEMIN DE LA LLANA DEL MONTE, PRÈS DE LENA, AU-DESSUS DE VALLE.

Avicula (semblable à celle du n° 3) ; *Terebratula Roissyi* ; *Spirifer Mosquensis* ; *Orthis striatula* ; *Productus semireticulatus* ; *P. lobatus* ; *Cyathophyllum*.

7° PENASCA DE ROZAIA, PRÈS SAINT-FÉLIX.

Terebratula planosulcata ; *Orthis striatula* ; *Productus lobatus*.

8° CALLADIELLA, PRÈS SAINT-FÉLIX.

Orthis crenistria ; *O. striatula* ; *O. Michelini* ; *Productus semireticulatus*.

(1) Ce *Spirifer*, orné de 3 plis sur le bourrelet et de 10 ou 11 sur les côtés, se distingue du *S. trigonalis*, l'espèce la plus voisine, parce que ses plis sont égaux, réguliers, arrondis au sommet et non dichotomes.

9° MUNON, PRÈS LENA.

Spirifer Condor, d'Orbigny; *S. incrassatus*.

10° TABLADIELLO, PRÈS MUNON CIMERO (entre Reconos et Saint-Martin).

Terebratula planosulcata; *Spirifer incrassatus*; *S. symmetricus*? Phill.; *S. Condor*, d'Orb. (1); *S. Mosquensis*, *S. Lamarckii*, Fisch. (2); *S. lineatus*; *Spirifer* (nouvelle espèce, lisse et très allongée); *Productus semireticulatus*.

11° RECONCOS, PRÈS MUNON CIMERO.

Spirifer Mosquensis; *S. incrassatus*; *Spirifer* (lisse, semblable à la nouvelle espèce du n° 10); *Orthis striatula*; *Productus semireticulatus*.

12° EL CASCAJO, PRÈS MUNON FONDERO (3).

Spirifer Mosquensis; *S. lineatus*; *S. incrassatus*; *S. Condor*; *S. symmetricus*? *Spirifer* (allongé et lisse, identique avec celui du n° 10); *Orthis striatula*; *Productus semireticulatus*; *P. punctatus*. Sow.

13° CHEMIN DE LA MORA A CARABANZO (Consejo de Lena).

Productus semireticulatus.

TERRAIN CARBONIFÈRE DE MIERÈS DEL CAMINO.

Bellerophon Naranjo (nova species) (4); *Spirifer striatus*; *Orthis Michelini*; *Productus semireticulatus*; *P. tenuistriatus*; *Orthis eximia*, de Vern. (5).

M. de Roys, chargé par intérim des fonctions de trésorier,

(1) Nos échantillons paraissent être identiques avec ceux que M. d'Orbigny a rapportés des calcaires carbonifères du lac de Titicaca, dans les Andes.

(2) Cette espèce, si remarquable en ce qu'elle n'a que 2 ou 3 fortes côtes, ornées de stries très fines, se trouve en Russie, dans la partie moyenne du calcaire carbonifère. L'échantillon envoyé par M. Paillette est mal conservé.

(3) Toutes les espèces de cette localité sont les mêmes que celles de Tabladiello, n° 10.

(4) Cette espèce, voisine du *B. hiulcus*, s'en distingue par ses stries plus prononcées, et principalement par sa bande médiane plus élevée, et entourée de chaque côté d'un sillon profond.

(5) Cette jolie espèce se trouve en Russie dans l'étage supérieur et moyen du calcaire carbonifère.

dépose sur le bureau l'état des recettes et dépenses pendant le premier trimestre de l'année 1846.

Il restait en caisse au 1 ^{er} janvier dernier. .	958 fr. 25 c.	
Les recettes, pendant le 1 ^{er} trimestre, se sont élevées à.	4,252	»
Total.	5,210	25
Les dépenses, pendant le trimestre, se sont élevées à.	2,721	45
Restait donc en caisse au 31 mars 1846. . .	2,488	80

M. le Président annonce la démission de M. Raulin, que sa nomination de professeur de géologie à la Faculté des Sciences de Bordeaux oblige à renoncer à ses fonctions de secrétaire. En conséquence, il invite la Société à nommer un secrétaire et un vice-secrétaire, dont les fonctions courront à partir du 1^{er} janvier 1846.

M. Le Blanc ayant réuni la majorité des suffrages est proclamé secrétaire.

M. Bayle ayant également réuni la majorité des suffrages est nommé vice-secrétaire.

On procède ensuite au remplacement de M. Ed. Ruinart de Brimont, trésorier, démissionnaire pour raison de santé. M. Damour réunit la majorité des suffrages et est proclamé trésorier.

M. Deville donne lecture du Mémoire suivant de M. Daubrée.

Mémoire sur la distribution de l'or dans le gravier du Rhin, et sur l'extraction de ce métal, par M. A. Daubrée, ingénieur des mines et professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg (extrait).

On sait que les paillettes d'or disséminées dans le lit du Rhin sont un objet d'exploitation depuis une époque très reculée, antérieure au VII^e siècle, et aujourd'hui encore, malgré diverses circonstances défavorables, la quantité de ce métal qui s'extraît annuellement entre Bâle et Mannheim a une valeur de plus de 45,000 francs.

Une série d'expériences m'a servi à déterminer avec précision le mode de distribution des paillettes au milieu des attérissements journellement formés par le fleuve, la teneur en or des diverses variétés de gravier que l'on exploite, et enfin, par approximation, la quantité totale d'or enfoui dans le lit du Rhin. Ces diverses circonstances, tout importantes qu'elles sont, tant pour l'orpillage du Rhin que comme terme de comparaison avec les autres exploitations de même nature, n'ont pas été observées; au moins on ne les a signalées dans aucune des descriptions du lavage d'or du Rhin dont les principales sont dues à Réaumur (1), à M. Freutlinger (2), et à M. Kachel, directeur de la monnaie de Carlsruhe (3).

L'or ne se rencontre jamais dans le Rhin en pépites ou en petits grains; toujours il est sous forme de paillettes très minces, à contours arrondis, dont le diamètre n'excède pas un millimètre, et est ordinairement beaucoup moindre. La surface de ces paillettes examinée au microscope présente une multitude de petites aspérités assez régulières dont la disposition peut se comparer à celle d'une peau de chagrin; elles sont si minces, que leur poids moyen varie de 0,045 à 0,057 milligrammes, c'est-à-dire qu'il y en a de 22 à 17,6 dans un milligramme.

Tout le lit du Rhin compris entre Bâle et Mannheim est aurifère, à peu d'exceptions près. Voici les positions suivant lesquelles les paillettes sont particulièrement concentrées par suite des remaniements que le fleuve fait journellement subir à son lit.

1° Les bancs le plus ordinairement riches (*Goldgründe*) sont ceux formés à quelque distance à l'aval d'une rive ou d'une île de gravier que le courant corrode; ces bancs résultent par conséquent d'un transport de gravier, tantôt sur quelques mètres seulement, tantôt sur 1000 ou 1500 mètres de distance. C'est dans une zone étroite qui termine les bancs vers l'amont que se trouvent accumulées les paillettes, presque toujours au milieu de gros cailloux. Toutefois cette richesse exceptionnelle ne s'étend qu'à une faible profondeur qui ne dépasse guère 15 centimètres. Les bancs de

(1) Essai sur l'histoire des rivières et des ruisseaux du royaume qui roulent des paillettes d'or (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1718).

(2) *De Aurilegio, præcipuè in Rheno, Argentorate*, 776.

(3) *Die Goldnascherei am Rhein*, *Badensche landwirthschaftliches Wochenblatt*, 14 et 21 septembre 1838.

petite dimension peuvent être aurifères aussi bien que les plus étendus.

2° Les digues entre lesquelles coule le Rhin sur une partie de son cours au-dessus de Kehl sont entaillées par des coupures ou *passes* qui sont destinées à donner passage aux hautes eaux, afin que celles-ci aillent déposer des ensablements au-delà de ces digues. La richesse des attérissements ainsi formés derrière les digues par un courant latéral présente aussi des parties riches au milieu du gros gravier.

3° Les banes qui se forment au milieu du fleuve, loin de leur point de départ, sont en général peu riches.

4° Dans les banes les plus pauvres dont on essaie la teneur sur un grand nombre de points, on trouve souvent des zones étroites et allongées de gravier riche, en dehors des positions indiquées plus haut. Ces accumulations restreintes de paillettes métalliques correspondent ordinairement à de petits remaniements faits pendant et après la formation du bane : aussi il n'est pas rare de rencontrer de ces zones riches au pied des talus terminaux qui limitent un bane à l'aval.

5° L'or ne se trouve pas seulement dans le lit actuel du Rhin ; il est aussi disséminé en faible quantité dans les anciens attérissements du fleuve, c'est-à-dire dans une zone de gravier qui s'étend de Bâle à Mannheim avec une largeur de 4 à 6 kilomètres.

6° Jamais je n'ai trouvé la moindre trace d'or dans le sable fin privé de cailloux que le Rhin dépose encore journellement dans ses crues. Le limon diluvien connu sous le nom de *löss*, qui cependant paraît d'origine alpine comme la plus grande partie des cailloux du fleuve, s'est aussi toujours montré stérile.

Quelle que soit leur position, les paillettes d'or sont associées à de gros cailloux. Le résidu du lavage du gravier aurifère contient toujours du quartz rose et du fer titané ; la quantité de cette dernière substance est partout proportionnelle à la quantité d'or ; les diverses variétés de gravier renferment de 0,00002 à 0,0002 de fer titané, dont moitié est attirable, moitié non attirable au barreau aimanté. Il est rare que la richesse du gravier du Rhin dépasse 6 dix-millionnièmes ; et elle est probablement toujours au-dessous de 7 dix-millionnièmes. Les banes de cette teneur ne s'étendent pas ordinairement sur plus de 200 à 300 mètres carrés ; leur épaisseur est de 10 à 20 centimètres ; le sable que l'on exploite habituellement a une richesse moyenne de 13 à 15 cent-millionnièmes, c'est-à-dire qu'elle est environ le quart ou le cinquième de la richesse maxima.

Enfin en lavant du gravier pris arbitrairement dans le lit du Rhin, et considéré par les orpailleurs comme stérile, j'ai reconnu que ce gravier a en moyenne une teneur de huit billionièmes. C'est aussi, d'après de nombreux essais, le chiffre qui me paraît devoir être admis pour la richesse moyenne du lit du Rhin entre Rhinan et Philippsbourg.

Par suite du remaniement que le Rhin fait subir au gravier, la teneur du gravier aurifère s'accroît naturellement sur certains points dans le rapport de 1 à 70. Le nombre de paillettes contenu dans 1 mètre cube de gravier exploité est considérable; il varie selon la richesse de 4,500 à 36,000 (1).

On peut avoir une idée du degré jusqu'où l'on pousse le premier et le second lavage, en prenant la densité du sable que l'on obtient après chaque opération. La densité du sable du Rhin avant le lavage est en moyenne 2,9; celle du sable que l'on obtient après le lavage sur la table au bord du fleuve est de 3,19; enfin le sable enrichi par un second lavage à l'augette, et destiné à l'amalgamation, a une densité de 4,46.

Quant à l'origine de l'or disséminé dans la plaine du Rhin, il ne peut provenir que de l'une des contrées qui ont fourni les détritiques au milieu desquels il est engagé, c'est-à-dire des Alpes, des Vosges, de la Forêt-Noire, du Jura ou du Kaiserstuhl. Les deux dernières régions montagneuses sont complètement dépourvues d'or; on n'en a trouvé dans les Vosges et dans la Forêt-Noire qu'en un très petit nombre de localités et en quantité extrêmement faible; c'est donc des Alpes que cet or a été charrié; c'est ce que montre d'ailleurs aussi la répartition de ce métal, que l'on commence à rencontrer dans les affluents qui descendent de la Suisse. Il paraît, d'après les observations de M. Rengger (2), que l'or de l'Aar, ainsi que celui qui est charrié par d'autres cours d'eau de la Suisse, tels que la Reuss, les deux Emmen, la Luttern, provient de la molasse tertiaire; telle peut être aussi l'origine de l'or du Doubs, que Réaumur compte parmi les rivières aurifères de la France; mais, en tout cas, ce n'est pas sans doute cette dernière formation qui forme le gîte primitif de ce métal.

(1) Il y a en moyenne dans cet or 0,934 d'or, 0,66 d'argent, et, d'après l'analyse de M. Dobereiner, 0,00069 de platine. Le gouvernement badois l'achète à raison de 3,189 francs le gramme.

(2) *Verhandlungen der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die geramanten Naturwissenschaften*, 1827.

Jusqu'à présent on n'a pu rencontrer les lamelles du Rhin encore fixées dans la roche ; mais il est très probable que cet or, ainsi que l'annonce sa forme en paillettes très minces, dérive des terrains schisteux cristallins des Alpes, soit des quartzites micacés, soit des roches schisteuses amphiboliques. L'or du Rhône, du Danube, de divers cours d'eau descendant des Alpes, est vraisemblablement aussi d'une origine analogue à celui de l'Eder en Westphalie, qui était disséminé dans le terrain schisteux de transition et sans doute dans le Kieselschiefer (1).

Si l'on compare la richesse du sable du Rhin avec ceux d'autres localités, on est amené aux observations suivantes :

1° Le gravier aurifère du Rhin le cède beaucoup aux sables habituellement exploités en Sibérie et au Chili. Ceux de Sibérie (2) rendent en moyenne cinq fois, et ceux du Chili (3), au moins dix fois plus d'or que le gravier le plus productif du Rhin, non débarrassé des gros cailloux.

2° Les richesses moyennes des sables exploités dans ces trois contrées (plaine du Rhin, Sibérie et Chili) sont entre elles comme les nombres 1 : 20 : 74 ; ou, si l'on prend comme terme de comparaison le sable du Rhin débarrassé de cailloux ayant plus de 2 centimètres de diamètre, le rapport devient 1 : 10 : 37. En Sibérie, on regarde comme non exploitables des sables renfermant 0,000001 : or, cette teneur est encore 7.5 fois égale à celle des sables que lavent habituellement les orpailleurs du Rhin.

3° La teneur moyenne du gravier de chacune de ces trois contrées pris en masse, tant pauvre que riche, varie comme les nombres 1 : 81 : 124.

4° Il y a à peu près identité entre la richesse du gravier du Rhin et celle du sable de l'Eder en Westphalie, que l'on a cherché à exploiter il y a quelques années.

La disproportion entre la richesse des sables de l'Oural, de la Sibérie, du Chili et celle du Rhin, cesse d'étonner si l'on examine la différence de forme et de dimension des grains d'or qui se lie à une différence dans le gisement primitif du métal. Au lieu de lamelles comme celles du Rhin, si petites, qu'il en faut 17 à 22 pour faire le milligramme, l'or, dans les régions privilégiées qui vien-

(1) Noeggerath. *Ueber das vorkommen des Goldes in der Eder.* (Harsten's *Archiv für mineralogie*, VII, p. 149.)

(2) *Annuaire du Journal de mines de Russie*, introduction, et année 1835, p. 182. — Humboldt, *Asie centrale*, t. I, p. 495.

(3) Domeyko, *Annales des mines*, 4^e série, t. VI, p. 170.

nent d'être mentionnées, est en grains pesant ordinairement plus d'un centigramme, et souvent beaucoup plus lourds. Chaque grain d'or est donc en moyenne 200 à 400 fois et très souvent 1000 fois plus gros qu'une paillette d'or du Rhin et de l'Eder. Aussi nulle part l'or exclusivement en paillettes minces, tel que celui disséminé dans la plupart des rivières aurifères de l'Europe occidentale, ne peut donner lieu à une exploitation d'une grande importance comme l'or qui résulte du lavage des débris de filons ou de roches éruptives aurifères, ainsi qu'on l'observe le long de l'Oural, au Chili ou dans la Caroline du Nord.

Toutefois, cette forme en lamelles a au moins cela d'avantageux, qu'elle permet d'en simplifier le lavage en faisant passer le sable avec de l'eau sur un plan fortement incliné, muni de longs poils qui retient dans les aspérités de son tissu la presque totalité des paillettes métalliques. Quoique la teneur du gravier du Rhin soit comparativement assez faible, la quantité totale d'or enfouie dans le lit du fleuve est considérable. En effet, d'après la richesse moyenne de 8 billionièmes admise plus haut, un mètre cube de gravier pesant 1,800 kilogr. renferme 0^{sr}.0146 d'or. Si on suppose à la bande aurifère comprise entre Rhinau et Philippsbourg une largeur de 4 kilomètres et une profondeur de 5 mètres, on voit que cette zone renfermerait 35,916 kilogr., qui à raison de 3,189 fr. le kilogr. représentent une valeur de 114,536,124 fr.

Cet or est ainsi réparti :

Dans le département du Bas-Rhin.	13,870 kilogr.	ayant une valeur de	44,233,430 fr.
Dans le pays de Bade.	17,958	id.	56,267,062
Dans la Bavière rhénane.	4,088	id.	13,056,632

En dehors de ces limites il est plus difficile d'évaluer la richesse du gravier du Rhin à cause de l'irrégularité avec laquelle elle y est distribuée. En supposant une teneur moitié moindre que la précédente, entre Istein et Rhinau d'une part, et de l'autre entre Philippsbourg et Mannheim, on arrive à 11,826 kilogr. pour la première section, et à 4,380 k. pour la seconde. La quantité totale d'or contenu dans le Rhin entre Istein (à 15 kilom. au-dessous de Bâle) jusqu'à Mannheim, dans un terrain d'une superficie de 936 kilomètres carrés et de 5 mètres de profondeur, est donc d'environ 52,000 kilom.

Cette quantité d'or, qui, si elle était extraite du sein du sable, représenterait une valeur de 165,828,000 fr., est très considérable, comparée à la faible production de chaque année. Elle est cepen-

dant faible, comparée à l'abondance du même métal sur le revers oriental de l'Oural et dans les basses régions de la Sibérie. En effet, elle est seulement égale à deux fois et demie la production en or de ces régions de l'Asie boréale en 1843 (1). Une partie de cet or est enfouie, en dehors du lit que le Rhin occupe aujourd'hui, dans du gravier recouvert de terres cultivées; il constitue un minerai trop pauvre pour être exploitable dans ces conditions; c'est seulement dans le lit du fleuve que l'on peut opérer. Si l'on évalue à 1,350 mètres la largeur moyenne du lit du Rhin et des îles comprises entre ses différents bras, on obtiendra la quantité d'or théoriquement exploitable en divisant par 3 les différents nombres indiqués plus haut. Il faut ajouter que les travaux de rectification entrepris depuis quinze ans restreignent beaucoup l'étendue des attérissements entre Kehl et Mannheim, et que la poursuite de ces travaux fera journellement déroître l'industrie de l'orpaillage.

Un laveur gagne en moyenne 1 fr. 50 à 2 fr. par jour, et accablement jusqu'à 10 à 15 fr.; mais on ne doit pas désespérer de voir encore s'introduire quelques perfectionnements dans certaines parties des opérations. Ce qui est surtout fâcheux dans l'état actuel des choses, c'est d'être réduit à faire tout le lavage à force de bras, quand on a sous ses yeux, à quelques pas de soi, un moteur de la puissance du Rhin. Il ne serait pas difficile d'imaginer une sorte de machine à draguer, mue par le fleuve, qui enlèverait la couche superficielle du gravier que l'on veut exploiter, et qui transporterait ce gravier, ainsi que de l'eau, à la tête de la table à laver. Le reste du lavage s'achèverait rapidement et sans beaucoup de fatigue, à peu près suivant le procédé actuel. Mais deux conditions compliquent la question: d'abord le courant étant très faible sur les rives plates, ce n'est qu'à 6 ou 8 mètres au moins du bord que l'on trouverait assez de profondeur et de vitesse pour faire mouvoir la roue dont on aurait besoin. En outre, comme ordinairement la couche superficielle seule est riche, il faudrait que l'appareil fût non seulement simple et transportable dans une nacelle, mais encore qu'il pût se mouvoir avec facilité à la surface du gravier.

J'ai reconnu que pour les lavages en petit, du genre de ceux qui ont été faits pour ces recherches, il y a un procédé bien plus commode que celui que l'on emploie plus ordinairement dans les labo-

(1) Cette production en or de l'Oural et de la basse Sibérie, en 1843, a été de 1294 pouds 9302, ou de 20,212 kilogr.

ratoires (1). A l'aide d'une augette de la dimension habituelle, mais qui diffère de celle figurée par M. Berthier, par la forme et surtout par la manière dont on s'en sert, j'ai pu reconnaître la teneur en or du gravier du Rhin, même dans les endroits où il est le plus pauvre, ce qui m'était impossible avec une augette ordinaire. Cette manœuvre peut être par conséquent utilisée par ceux qui s'occupent de la recherche de l'or dans les sables; elle serait aussi susceptible d'être mise à profit pour les lavages de laboratoire.

M. Deville lit ensuite la note suivante :

Observations sur l'île de Ténériffe, par M. Deville (extrait).

Dans les pages précédentes, je n'ai pas cherché à présenter une description complète de l'île de Ténériffe; j'ai voulu simplement retracer, dans l'ordre même où elles s'étaient présentées à moi, les impressions que m'a laissées un trop court séjour dans ses montagnes. J'essaierai, en terminant, de jeter un coup d'œil plus général sur ses diverses formations volcaniques, et d'examiner les rapports qui lient cette île aux autres îles du groupe des Canaries.

Les roches les plus anciennes que l'on observe à Ténériffe sont, sans contredit, celles qui constituent tout le massif méridional du grand cirque de soulèvement, et dans lesquelles sont ouverts les défilés de Guaxara, de Ucanca et de Tauze. Le Sombrerito en est le point culminant, et de profondes échancrures, comme celles d'où s'échappe la Fuente-Agria, permettent d'en étudier la composition intérieure. J'ai déjà dit que ces masses se composaient de couches régulièrement inclinées d'un trachyte porphyrique presque granitoïde, à feldspath oligoclase, alternant avec des assises de conglomérats, d'aspect et de couleurs très variés, de tufs bleuâtres ou verdâtres, à matériaux plus ou moins décomposés, de roches grenues, qui rappellent jusqu'à un certain point des couches d'une plus grande ancienneté, enfin des roches fissiles, dans lesquelles des cristaux extrêmement clivables d'oligoclase, d'un blanc argenté, jouent un rôle analogue à celui du mica dans les schistes gneissiques et cristallins. Des filons de trachyte, souvent presque compacte, traversent la masse, et indiquent parfaitement l'origine des couches cristallines avec lesquelles ils sont en

(1) Le mode de lavage de l'augette est décrit avec détail par M. Berthier, *Traité des essais par la voie sèche*, 2^e partie, p. 49.

connexion. Tout cet ensemble, désigné sous les noms de trachytes et de conglomérats trachytiques, quoiqu'il ne contienne ni calcaire ni traces de fossiles, présente les caractères d'un dépôt formé sous les eaux. Il y a même quelques couches où la matière trachytique semble s'être venue mêler à la roche de sédiment à mesure qu'elle se déposait.

Le cratère de Chahorra, la masse même du Pic, paraissent être des lambeaux soulevés de la même formation. On la retrouve encore dans la chaîne N.-E. de l'île, où elle forme au-dessus de Taganana des masses considérables et des murs verticaux d'un aspect singulier et pittoresque.

Cette roche occupe néanmoins une surface assez restreinte à Ténériffe, si on la compare aux formations basaltiques qui recouvrent la presque totalité de l'île. A Canaria, au contraire, toute la partie centrale, et la plus élevée, est composée de roches trachytiques, et le cratère de soulèvement de Tiraxana en est presque exclusivement formé. On les retrouve même, quoique en très petite quantité, dans un point du cratère de Palma, et dans l'île de Fortaventura, où les roches fissiles qui accompagnent le trachyte paraissent avoir été confondues avec un schiste micacé.

Dans toutes ces localités, sans exception, on voit le basalte reposer sur ces couches, mais surtout dans les montagnes de Taganana, qui forment la partie N.-E. de Ténériffe. Les pentes extérieures du cratère de soulèvement, dans cette dernière île, comme à Canaria, sont recouvertes par le basalte, sous lequel le trachyte disparaît. Il ne peut donc y avoir aucun doute sur l'âge relatif des deux formations. On ne les voit jamais alterner entre elles, et M. de Buch ne cite qu'un seul gisement, à la grande Canarie, où cette alternance paraît exister : encore cet habile géologue pense-t-il que la couche de basalte s'est intercalée postérieurement.

Les roches auxquelles peut s'appliquer le nom de basalte sont assez variées dans le groupe des Canaries. On y observe d'abord le basalte le mieux caractérisé, grenu, à pâte noir foncé, très dense, prismatoïde. Une autre roche d'un gris cendré, d'une densité moindre, est celle qui compose les laves des volcans de Maja, et entre autres celle de los Mayorquines, dont j'ai donné une description détaillée. Malgré quelque différence dans le facies, l'analyse chimique la rapproche tout-à-fait des basaltes.

Une troisième roche, qui semble d'abord être un intermédiaire entre les basaltes et les trachytes, s'observe au Portillo et dans quelques autres localités, particulièrement au sommet du Som-

brerito. La pâte de cette roche est extrêmement serrée, quelquefois résinoïde; elle se délite souvent en feuillets plats ou courbes. Elle contient de petits feldspaths, faisant corps avec la pâte, et qu'il est par conséquent très difficile d'en isoler, de nombreuses aiguilles d'amphiboles, plus rarement du pyroxène, et même quelques péridots. Cette roche, déjà signalée par M. de Buch, a reçu de M. Berthelot, tantôt le nom de leucostine, tantôt celui d'eurite: ce dernier nom me paraît seul convenable et caractériser suffisamment la roche. Une analyse de la lave du Portillo (que je rapporterai ailleurs) me fait penser que le feldspath qu'elle contient est de l'oligoclase, et la composition chimique se joint ici au gisement pour rapprocher la roche des trachytes oligoclasiques. Il faut sans doute rapporter à la même classe la roche qui forme le sommet le plus élevé de la grande Canarie, le Pozo de las Nieves, que M. de Buch appelle un trachyte, et que M. Berthelot range (avec moins de raison, ce semble, d'après les caractères mêmes qu'il en donne), sous le nom de leucostine, dans la série basaltique.

Les roches basaltiques doivent, en effet, au moins dans ces îles, être distinguées des autres roches au moyen de leur feldspath, qui est un labrador au lieu d'être un oligoclase. Le plus souvent, il est vrai, l'état d'agrégation des éléments du basalte ne permet pas d'en isoler le feldspath; mais l'analyse brute de la roche elle-même suffit presque toujours pour constater à quelle série le feldspath qu'elle contient doit être attribué.

Une raison tout-à-fait semblable me fait ranger dans la série basaltique les couches si remarquables dont la décomposition donne, à la Cruz de Guimar et au-dessus de l'Agua Manza, un mélange de cristaux d'augite, d'amphibole et de feldspath; car ce dernier, d'après un essai, se rapporte à la composition du labrador. Cette conclusion coïncide d'ailleurs parfaitement avec la position de la roche elle-même qui recouvre des assises basaltiques.

Il n'y a donc réellement à examiner dans ces îles que deux types bien distincts, et cette séparation se détermine nettement par la formule du feldspath qui entre dans chaque roche (1). Les produits volcaniques modernes et contemporains n'échappent pas à cette loi; car les uns, comme ceux du Pic, de Chahorra, des petits cônes de la vallée de l'Orotava, et même la lave du Portillo,

(1) Dans une autre partie de ce travail, je rapporterai les analyses de quelques unes de ces roches, et je reviendrai avec quelques développements sur ce sujet.

présentent des cristaux isolables qui se rapportent à l'oligoclase, ou donnent, par l'analyse brute, une proportion de silice qui concorde avec la composition de ce minéral; les autres, comme la coulée de los Mayorquines et la lave périclétique de Guimar, se rapportent directement au type basaltique.

Pour terminer la nomenclature des roches de ces îles, il ne reste plus qu'à citer le calcaire coquillier à Cardium, Pecten, etc., signalé par MM. de Buch et Berthelot sur plusieurs points des îles de Canaria, Lancerote et Fortaventura, où il atteint une hauteur de plus de 100 mètres, et alterne avec les couches de basalte, et même, suivant M. de Buch, avec le conglomérat trachytique. Il ne faut sans doute pas confondre ce calcaire en assises régulières avec les agglomérations de calcaire sans fossiles et tout-à-fait superficiel, qui paraissent être le résultat d'un transport purement mécanique. Enfin la tosca, tuf de composition extrêmement variable, recouvre toutes les formations volcaniques anciennes, y compris les basaltes, et disparaît, au contraire, sous les laves modernes.

Après avoir présenté cette énumération des roches qui constituent le groupe des îles Canaries, et établi leur âge relatif, on peut rechercher quelles ont été la nature et la succession des événements géologiques qui les ont amenées au jour.

La claire et simple notion des cratères de soulèvement, introduite dans la science précisément par l'étude de ces îles, rend parfaitement compte des relations d'un pic volcanique comme celui de Ténériffe avec les escarpements circulaires qui l'entourent. Elle explique aussi très bien les grandes dépressions centrales de Palma et de Canaria. Enfin M. L. de Buch, en observant que certains volcans se rangent suivant des directions qui affectent un parallélisme sensible avec quelques unes de grandes lignes de soulèvement, a complété les notions au moyen desquelles on peut se rendre compte des dispositions des divers systèmes volcaniques du globe. Néanmoins, la seconde de ces deux considérations me paraît dominer de beaucoup le phénomène. Si l'on compte, en effet, le nombre des volcans centraux signalés par M. de Buch, on verra qu'ils sont fort peu nombreux, et qu'ils font presque tous partie d'un alignement volcanique, qu'ils peuvent au moins toujours se rattacher à quelqu'une des grandes lignes de soulèvement qui ont sillonné la surface du globe.

Une troisième considération me semble nécessaire pour apprécier complètement ces phénomènes : c'est celle de la composition minéralogique des massifs volcaniques ou des laves qu'ils rejettent.

Si l'on examine, par exemple, les produits de tout âge dont l'amoncellement constitue l'Etna, depuis les assises inférieures du Val del Bove jusqu'aux laves les plus récentes, le feldspath labrador, qu'on y retrouve uniformément, établit entre eux une analogie de composition qui permet de les comprendre tous dans un même type doléritique. Sous ce rapport, comme sous d'autres, on peut donc regarder l'Etna comme un volcan *simple*. Il n'en est plus de même du Vésuve, dont les laves actuelles, à base de rhyncholite, contrastent par leur composition, comme l'a parfaitement démontré M. Dufrénoy, avec les roches ampligéniques et les tufs ponceux de la Somme. Ténériffe, Canaria, me semblent aussi des cratères *composés*, où deux roches diverses, le trachyte oligoclase et le basalte labradorique, jouent un rôle différent. Palma elle-même, malgré son apparente simplicité, trahit en quelques points de son cirque la double nature des deux roches volcaniques, dont l'une y est presque entièrement recouverte par l'autre.

Cherchons à appliquer ces notions au petit archipel qui nous occupe, et à en déduire les causes probables et la succession des phénomènes géologiques dont il a été le théâtre.

Lorsque du sommet du pic de Teyde on regarde l'extrémité N. du cirque de soulèvement, il est remarquable que toute la partie de ce cirque que l'on a à sa droite et du côté de la grande Canarie, se compose de masses trachytiques, depuis le col de las Arenas Negras jusques et y compris le cône de Chahorra; il faut descendre, sur ce versant de l'île, jusqu'à 1,800 mètres environ pour retrouver le basalte en grandes assises : à gauche, au contraire, et du côté de Palma, les escarpements sont tous basaltiques. Il est difficile d'admettre que tout ce massif trachytique, qui s'élève ainsi au-dessus du basalte de près de 1,000 mètres, ait été primitivement recouvert par cette dernière roche, puis dénudé par le mouvement de dislocation qui a soulevé le tout sans qu'il soit resté un seul lambeau de basalte. Il me semble, au contraire, plus conforme aux faits et à la vérité de reconnaître dans ces sommets du cirque un îlot trachytique préexistant, au pied duquel se sont étendues les nappes basaltiques. Cette opinion prendra de la consistance si l'on remarque que les deux points culminants du trachyte, à Ténériffe et à Canaria, le sommet du Sombrerito et le Pozo de las Nieves, sont composés d'une couche analogue d'euryte porphyroïde.

Il semble donc s'être produit, au point même où existe le pic aujourd'hui, une faille, suivant laquelle les trachytes ont été redressés. La direction de cette faille est donnée par une ligne orien-

tée N. de 25° E., suivant laquelle les basaltes de la Cumbre, après avoir brisé les trachytes, ont fait éruption depuis le sommet d'Ysana jusqu'à l'extrémité N.-E. de l'île, recouvrant, sur tout cet espace, la roche ancienne sous des assises dont le nombre est quelquefois prodigieux. Les îles basaltiques de Lancerote et de Fortaventura s'alignent aussi dans cette même direction, parallèle à celle des côtes voisines d'Afrique, et particulièrement au ravin de l'Atlas, qui y termine le Maroc; direction qui coupe le méridien à très peu près sous le même angle que le ferait, dans cette position, le grand cercle de soulèvement des Alpes occidentales (1).

Si l'on admettait que ces éruptions basaltiques ont pris naissance à l'origine de ce dernier soulèvement, on considérerait les trachytes anciens de Ténériffe et de Canaria, avec leurs singulières couches de tufs et de conglomérats, comme contemporains des dépôts de molasses tertiaires. Ces couches auraient été redressées dans la direction de ce soulèvement, principalement vers Canaria, dont la plus grande partie est trachytique; car à mesure qu'on s'avance vers l'O., les trachytes deviennent de moins en moins importants, et enfin, à Palma, on ne les retrouve plus qu'au fond même du cirque, et recouverts par plus de 1,200 mètres d'assises basaltiques. Celles-ci se seraient déposés pendant toute la durée de la période subapennine, à laquelle se trouveraient rapportées les couches calcaires qui alternent en quelques points avec elles.

Le Pic n'existait pas encore, et ne s'éleva sur la ligne de fracture que j'ai déjà indiquée, qu'après que le soulèvement des grandes Alpes fut venu imprimer à l'Europe méridionale et au nord de l'Afrique un grand relief, trait dominant de ces contrées. N'est-il pas à remarquer, en effet, que la chaîne des montagnes de l'Atlas, qui se dirige le long de la Méditerranée parallèlement au système des grandes Alpes, soit symétriquement terminée, suivant l'ingénieuse observation de M. E. Renou, à l'E. par l'Etna, à l'O. par le pic de Ténériffe, deux cônes volcaniques à peu près de même hauteur, et égaux aussi aux principales sommités de la chaîne intérieure? Cette même direction se retrouve aux Canaries, dans la ligne qui joint Ferro et Gomera au pic, et vient raser la côte septentrionale de Lancerote. C'est probablement à cette époque qu'il faut rapporter aussi la destruction de la chaîne cen-

(1) Ce grand cercle, d'après M. Élie de Beaumont, fait, avec le méridien de Paris, un angle de 26°, et, transporté au milieu des Canaries, un grand cercle parallèle couperait le méridien du lieu sous un angle d'environ 24°.

trale de l'île, au-dessus de Santa-Cruz, et la formation du plateau de Laguna.

Dans cette manière de considérer l'histoire des volcans, chaque direction de fracture aurait donné naissance à une nature particulière de roche ; mais les fractures, une fois déterminées, pourraient s'ouvrir à certains intervalles, et produire par les orifices actuels des éruptions de diverse nature. Les volcans centraux seraient précisément les points d'intersection de deux ou plusieurs lignes de fracture ; et ainsi s'expliquerait comment, au pied d'un même volcan, comme le pic de Ténériffe, peuvent sortir, à de courts intervalles, des coulées fort rapprochées, comme celle de Garachico et de Guimar, et minéralogiquement très différentes.

On pourrait opposer le peu de probabilité qu'il y a à ce que les lignes de fracture viennent se concentrer ainsi sur un point où les forces volcaniques se seraient déjà fait jour. Cette objection aurait quelque valeur si les phénomènes dont il s'agit étaient complètement indépendants l'un de l'autre ; mais il est clair, au contraire, que ces points ou ces lignes, qui sont des points et des lignes de moindre résistance, seront précisément ceux où les ébranlements se feront sentir avec le plus de violence, et livreront plus facilement un nouveau passage aux masses fluides intérieures : aussi observe-t-on fort souvent que les volcans modernes se sont établis sur des espaces depuis longtemps envahis par les roches ignées ou éruptives. Je pourrais citer, en dehors des Canaries, le plateau de l'Auvergne, y compris les monts Dore et le Cantal, les environs de Naples et la chaîne des Aulilles.

J'ajoute un dernier mot à ces considérations. Il est difficile de ne pas remarquer que les trois cratères de soulèvement de Canaria, de Ténériffe, de Palma, se trouvent presque exactement situés sur une même ligne orientée environ O. 18° N. On peut supposer que de dernières dislocations ont pris naissance à une époque plus récente encore, et ont élevé à son niveau actuel la Tosca, qui se retrouve sur toutes ces îles à des hauteurs variables, et d'autant plus grandes qu'on les observe plus près du cratère central. Cette ligne, que je n'indique qu'avec hésitation, ne se relie avec aucun des grands accidents du sol connus : cependant cette dernière hypothèse pourrait, jusqu'à un certain point, se lier avec les traditions dont un célèbre philosophe de l'antiquité nous a transmis le récit. Rien ne prouve, en effet, que dans la série des événements qui se continuent jusqu'à nos jours, ces îles n'ont point subi depuis l'apparition de l'homme quelque soulèvement important, auquel aurait pu correspondre un affaissement subit

d'une partie du continent voisin. La côte occidentale d'Afrique a une si faible inclinaison, qu'il n'est pas nécessaire, pour en changer complètement le régime, de supposer une grande intensité au mouvement brusque d'invasion ou de retrait de la mer qui la baigne. Loin de moi l'idée de renouveler des discussions oiseuses; mais sans chercher inutilement la place de la grande île des prêtres de Saïs, on doit avouer que rien ne s'oppose à ce que, si Platon a embelli la tradition et a placé dans l'Atlantide perdue la réalisation de sa république idéale, cette tradition elle-même reposât sur un fait historique vrai, qui aurait pu être défiguré par le temps et les passions de ceux qui l'ont exploité.

M. Boubée présente un verre entièrement formé de matières feldspathiques, où les cristaux se sont groupés, sous forme de petites masses sphériques isolées, dans la masse. Il trouve dans cette séparation un argument contre le métamorphisme, qui aurait dû produire des effets analogues dans les roches de sédiment feldspathique qui ont été formées à l'action du feu.

M. Bayle répond à M. Boubée que dans des schistes ardoisiers des Alpes il y a des Bélemnites schisteuses; comme la roche qui les enveloppe, elles ont perdu le caractère fibreux qui caractérise leur organisation. Ce fait prouve évidemment le métamorphisme qu'a subi la roche qui les contient.

M. Bourjot conteste la généralité de cette disposition, puisque dans les schistes de Petit-Cœur, en Tarentaise, les Bélemnites ont conservé leur structure rayonnée.

M. Hébert ajoute que la cristallisation des roches n'exigeait pas leur fusion préalable; qu'elle pouvait être produite par bien des causes, par exemple par une chaleur inférieure à celle de fusion, longtemps prolongée, ou bien par des actions électriques, ou enfin par des actions moléculaires du genre de celles auxquelles est due la cristallisation d'un morceau de fer implanté dans une muraille.

M. Boubée revient sur les faits qu'il a rapportés pour prouver que les Limaçons creusent les roches. Un échantillon a été mis en expérience dans une faille où séjournent un grand nombre de ces Gastéropodes.

M. Viquesnel dit avoir vu, en 1844, dans la collection réunie par les soins de M. Fournet à la Faculté des Sciences de Lyon,

des échantillons semblables à ceux que présente M. Boubée. La discussion précédente lui fournit l'occasion d'annoncer que cette collection se compose de deux séries : l'une, renfermant des produits artificiels ; l'autre, des roches d'origine ignée. M. Fournet a placé en regard ces deux séries, et croit pouvoir expliquer, au moyen de ce rapprochement, la formation directe ou indirecte des roches par voie de métamorphisme, les divers accidents de cristallisation, de fissuration, etc., etc.

M. Fournet met chaque année sous les yeux de ses auditeurs cette collection, dont il a commencé l'organisation à l'époque de ses débuts dans le professorat. Il a fait connaître la majeure partie des faits qu'elle renferme aux nombreux savants qui se sont rendus au congrès scientifique de Lyon, en 1841, et il se plaît à les communiquer à tous les géologues qui lui rendent visite. Dans le désir d'appeler l'attention des naturalistes sur la question qu'il étudie depuis de nombreuses années, M. Fournet a adressé à l'École des mines de Paris et à l'Université de Heidelberg les doubles des roches métamorphiques les plus importantes sous le point de vue théorique.

Séance du 4 mai 1846.

PRÉSIDENT DE M. VIQUESNEL, *vice-président*.

M. Martins, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

DE FONSECA (Ferdinand), à Naples, vico Lammadari, n° 59, présenté par MM. Viquesnel et de Pinteville ;

PORTA (Léonard), avocat et professeur de droit, à Naples, Strada Tribunali Pietra-Santa, n° 368, présenté par MM. Viquesnel et de Pinteville ;

DE SALVI (le comte Jean-Baptiste), propriétaire, membre de l'Académie olympique, à Vicence (Royaume Lombardo-Vénitien), présenté par MM. Viquesnel et de Pinteville ;

BREGANZE (Jean-Baptiste), membre de l'Académie olympique de Vicence, à Venise, San Mosé, présenté par MM. Viquesnel et de Pinteville.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des Savants*; avril 1846.

De la part de M. J. Fournet, *Suite des Recherches sur la géologie des Alpes comprises entre le Valais et l'Oisans* (extr. des *Ann. de la Société royale d'agricult., etc., de Lyon*); in-8°, 112 p. Lyon, 1845.

De la part de M. Hardouin Michelin, *Note sur différentes espèces du genre Vioa* (extr. de la *Revue zoologique*, 9^e année, février 1846); in-8°, 7 p., 2 pl. Paris, 1846.

De la part de M. Paul Huot, *La vie et les œuvres de J.-J. Huot*; in-8°, 118 p. Versailles, 1846.

De la part de l'État d'Indiana; *Report*, etc. (Rapport sur une reconnaissance géologique de l'État d'Indiana, faite dans l'année 1837 par D.-D. Owen); in-8°, 54 p. Indianapolis, 1839.

De la part de M. James D. Dana, 1^o *Notice*, etc. (Notice sur le Traité des minéraux métamorphiques du Dr Blum; et observations sur le métamorphisme. Extr. du *Journal américain des sciences*, etc., vol. XLVIII); in-8°, 30 p. New-Haven, 1845.

2^o *Structure*, etc. (Structure et classification des Zoophytes); in-4°, 132 p. Philadelphia, 1846.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences; 1846, 1^{er} semestre, t. XXII, nos 16 et 17.

Annales des mines, 4^e série, t. VII, 5^e livraison de 1845.

L'Institut; 1846, nos 642 et 643.

L'Écho du monde savant; 1846, nos 32 à 35.

Le Mémorial encyclopédique, mars 1846.

The Athenæum; 1846; nos 965 et 966.

The Mining Journal; 1846, nos 557 et 558.

Institut des provinces de France; avril 1846, in-8°, 62 p.

Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève; n° 3, 15 avril 1846.

The quarterly Journal of the geological Society of London, vol. I^{er}, du 29 novembre 1843 au 30 avril 1845; 1 vol. in-8°, 583 p., 14 planches et cartes. Londres 1845.

The quarterly Journal of the geological Society of London; n° 5, février 1846.

Correspondenzblatt, etc. (Feuille de correspondance de la Société royale d'agriculture de Wurtemberg, nouv. série, t. XXVIII, année 1845, II^e vol., 1^{er} et 2^e cahiers).

M. Michelin présente une Notice de M. Paul Huot sur son père, avec une traduction de la *Description de la terre de Pomponius Melas*, par M. J.-J. Huot. Des remerciements seront adressés à M. Paul Huot.

M. Dufrénoy offre, au nom de M. Émilien Dumas, la première des quatre feuilles qui composeront la carte géologique du département du Gard, arrondissement du Vigan; 1 feuille colombier, 1844.

M. le Président annonce que la 2^e partie du tome I^{er} de la 2^e série des *Mémoires de la Société géologique* est en vente.

M. Viquesnel présente sa carte coloriée de la Macédoine, faisant partie de cette 2^e partie du tome I^{er} des *Mémoires*.

M. d'Archiac communique la *Description des fossiles recueillis par M. Thorent aux environs de Bayonne*, et résume son travail de la manière suivante :

Les résultats auxquels un examen consciencieux des faits a conduit M. Thorent (1) nous semblent trop précis pour être révoqués en doute, lors même que la comparaison des fossiles ne les confirmerait pas entièrement; mais ici, comme dans la plupart des cas, les observations géologiques sont d'accord avec les déductions tirées de l'étude des débris organiques. Nous avons reconnu parmi ces derniers, en y comprenant ceux de la même localité que M. Alc. d'Orbigny a eu l'obligeance de nous communiquer, 106 espèces réparties dans 56 genres, depuis la classe des polypiers jusqu'à celle des crustacés. Sur ce nombre 17 espèces n'ont pu être

(1) *Mém. sur la constitution géologique des environs de Bayonne* (*Mém. de la Soc. géol.*, 2^e série, t. I, p. 484, 1846).

qu'imparfaitement déterminées, à cause du mauvais état des échantillons. Cependant nous nous sommes assuré que plusieurs d'entre elles n'avaient pas encore été décrites : aussi les avons-nous comprises dans le chiffre 57, qui représente le nombre total des espèces nouvelles ou non figurées.

Dans cette faune de l'époque nummulitique des environs de Bayonne, et plus particulièrement des côtes de Biaritz, dominant surtout les polypiers, dont nous signalons 24 espèces, puis les foraminifères du genre Nummuline. Les Radiaires échinoderines y sont représentés par 15 espèces ; les Annélides par 7 espèces de serpules ; les Conchifères monomyaires et dimyaires par 32 espèces, tandis que les Radiaires crinoïdes et les Mollusques univalves y sont en petit nombre et plus ou moins rares.

Si l'on compare ces résultats à ceux obtenus par l'examen de la faune des dépôts antérieurs, contemporains ou plus récents, on voit d'abord que des 38 espèces déjà connues, 2 appartenant au genre *Ostrea* ne peuvent être distinguées, au moins quant à présent, des *O. lateralis* et *vesicularis* de la craie ; l'une d'elles, l'*O. lateralis*, Nils., est également citée par M. Leymerie dans les couches à Nummulites du département de l'Aude (1) ; ensuite 7 espèces se trouvent à la fois dans les roches de Biaritz et dans celles des Corbières ou de la montagne Noire. Ainsi sur le nombre 180, qui représente la totalité des espèces déterminées par M. Leymerie pour le département de l'Aude, et recueillies à l'O. par M. Thorent dans les couches présumées du même âge, il n'y aurait qu'environ 1/26 d'espèces communes à ces deux régions nummulitiques, situées sous le même méridien, aux deux extrémités du versant N. de la chaîne des Pyrénées.

Cette grande différence dans les espèces de ces deux faunes contemporaines, et si rapprochées dans l'espace, se maintient encore si l'on vient à considérer le développement des genres et même des classes : ainsi les Polypiers, les Nummulines et les Radiaires sont infiniment plus nombreux et plus variés à l'O. qu'à l'E. Parmi

(1) *Mém. de la Soc. géol.*, 2^e sér., t. I, 1836. Nous ne pensons pas que l'on puisse regarder la présence de ces deux coquilles dans les couches à Nummulites comme une preuve incontestable de la liaison zoologique entre ces couches et la craie ; car, outre que les trois échantillons que nous avons vus peuvent y avoir été amenés par des causes accidentelles, il n'est pas certain qu'un plus grand nombre d'individus ne la fasse reconnaître plus tard comme réellement distincte des coquilles de la craie.

les bivalves, les Lucines et les Conchacées sont, au contraire, plus abondantes à l'E. qu'à l'O., et les mollusques univalves, entre autres les Natices, les Turritelles, les Cérîtes, les Fuseaux, les Volutes et les Tarrières, tendent aussi à y reprendre sur les bivalves la prédominance qu'ils affectent dans la plupart des dépôts postérieurs à la craie, tandis qu'à l'O. nous ne les avons trouvés qu'en petit nombre.

12 espèces de Biaritz se représentent dans les couches à Nummulites, soit de la Crimée, soit des Alpes orientales ou occidentales, et parmi elles, nous en avons trouvé 7 dans le système nummulitique des Hautes et des Basses-Alpes, c'est-à-dire autant que dans les Corbières; mais si l'on remarque que ce nombre se rapporte à des espèces très répandues en même temps sur le versant occidental des Alpes et au N.-O. des Pyrénées, et qu'il résulte seulement d'une course rapide que nous avons faite dans la Provence et le Dauphiné, tandis que M. Leymerie a étudié avec détail le département de l'Aude, on pourra presque dire que le système nummulitique présente plus de rapports zoologiques entre les environs de Bayonne et le versant occidental des Alpes qu'aux deux extrémités du même versant des Pyrénées.

Dans notre liste, 17 espèces sont communes au terrain tertiaire inférieur du nord de la France et de l'Angleterre, où elles appartiennent, soit au calcaire grossier, soit aux sables inférieurs ou au *plastic-clay*. Ces espèces sont en outre peu caractéristiques de ces groupes du N., tandis que dans les 18 que cite M. Leymerie comme se trouvant à la fois dans le système nummulitique des Corbières et les dépôts tertiaires du N., nous y remarquons précisément les coquilles qui caractérisent le mieux ces derniers, et surtout le groupe des sables inférieurs.

Nous avons retrouvé dans les faluns de l'Anjou 3 espèces de Biaritz, qui appartiennent à l'époque tertiaire moyenne, et 4 qui ont leur analogue dans les dépôts des environs d'Osnabruck et de Dusseldorf.

Enfin sur 96 espèces déterminées, provenant des environs de Bayonne, 66 appartiennent exclusivement au système nummulitique, 2 paraissent se trouver dans la craie, et 28, ou un peu plus du tiers, ont des représentants dans les divers dépôts tertiaires inférieurs ou moyens de l'Europe occidentale.

Quant à ces chiffres considérés en eux-mêmes, on comprend qu'ils n'ont qu'une valeur purement relative; ils ne peuvent être, en effet, comme dans toutes les considérations de ce genre, que l'expression de nos connaissances actuelles, très incomplètes en-

core, et dont les découvertes de chaque jour doivent modifier les conclusions que nous en avons déduites (1).

M. Viquesnel fait, au nom de M. Fournet, la communication suivante :

Notice sur une collection de roches ignées et de produits artificiels réunis à la Faculté des sciences de Lyon, par M. Fournet.

Nous avons réuni dans les collections de la Faculté des Sciences de Lyon une série de produits artificiels que nous avons mis en regard des roches ignées, de manière à en expliquer la formation directe ou indirecte par voie de métamorphisme, ainsi que les divers accidents de cristallisation, de fissuration, etc., etc. Cette collection comprend ainsi naturellement deux séries.

Soit d'abord celle des formations directes ; elle comprend une suite de verres, de scories, de laitiers et de produits de sublimation, provenant des fourneaux à manche et des hauts-fourneaux.

Parmi les sublinés les plus remarquables par leur cristallisation, on doit ranger la galène en beaux cristaux cubiques en trémies, l'oxyde blanc d'arsenic, de forme octaédrique ; l'oxyde de zinc ; l'oxysulfure de zinc fibro-cristallin ; la silice fibreuse, dite asbeste des fourneaux ; le carbone, en sphères rayonnées du centre à la circonférence, des hauts-fourneaux de Niederbronn.

La suite des scories, des laitiers des verres et des métaux, présente plusieurs phénomènes très importants ; d'abord on doit distinguer les produits facilement cristallisables d'avec ceux qui cristallisent difficilement. En général, les métaux, les sulfures et arséniures métalliques, les scories chargées de bases métalliques, et notamment d'oxyde de fer ; les oxydes de fer et de plomb ; en un mot, tous les corps dont la fluidité approche plus ou moins de celle de l'eau ; tous ces corps, dis-je, cristallisent pour ainsi dire instantanément en se solidifiant.

Tous les corps qui, par leur viscosité à l'état fondu, se trouvent dans le cas opposé, cristallisent, au contraire, avec une certaine difficulté, et par conséquent le concours du temps devient pour eux un élément indispensable.

(1) Ce travail paraîtra prochainement dans la 1^{re} partie du tome II des *Mémoires de la Société*.

Les applications de ces notions sont faciles à faire ; elles rendent raison de l'état constamment cristallin des laves pyroxéniques, dans lesquelles le fer prédomine. On conçoit, par contre, qu'il a fallu un certain temps pour que la cristallisation des roches silico-alumineuses ait pu s'effectuer : ainsi les granites, les porphyres, ont dû se refroidir lentement pour arriver à leur état habituel, et dans le cas contraire, leur cristallisation a été confuse, d'où les granulites, pétrosilex, etc., etc. Les obsidiennes n'ont conservé leur état vitroïde que parce qu'elles rentrent dans la catégorie des corps à fluidité visqueuse. Rien n'empêche d'ailleurs de concevoir que pour les granites, les porphyres, etc., la cristallisation n'ait commencé pendant que ces masses étaient encore dans le sein de la terre. Par exemple, certains porphyres de l'île d'Elbe, dont on doit la découverte à M. Coquand, présentent des cristaux de feldspath brisés en deux, et des fibres d'étirement relient ensemble les deux parties. Ne doit-on pas admettre que ces cristaux étaient formés avant l'injection ? Ils se sont ensuite cassés incomplètement, et la disjonction a été accompagnée d'étirements, parce qu'ils étaient encore mous. Du reste, d'autres faits viennent à l'appui de cette circonstance, et l'on peut voir entre autres, à cet égard, ce que nous avons dit relativement à l'étirement et à la cassure des géodes d'agate d'Oberstein. D'après les expériences de M. Gaudin, la silice a une fluidité essentiellement visqueuse ; il n'est donc pas étonnant que ces géodes reproduisent à un haut degré le phénomène du porphyre de l'île d'Elbe. Je possède d'ailleurs des quartz des Alpes qui sont courbés et arrondis, des cristaux de feldspath et d'albite, provenant des géodes du granite de Baveno, qui sont dans le même cas, etc., etc.

La même viscosité de la silice et d'un grand nombre de silicates alumineux et calcaires ou magnésiens, mise en opposition avec la fluidité aqueuse des sulfures métalliques, permet aussi de concevoir facilement les effets de la surfusion, sur lesquels j'ai appelé l'attention des géologues.

Mais si des silicates visqueux sont hétérogènes, il arrivera encore que dans leur étirement, par suite des injections et des coulées, les diverses parties s'étireront individuellement de la même manière que la masse principale, en demeurant toutefois intimement liées ensemble. Les verres de diverses couleurs, les laitiers, si souvent composés de parties de diverse nature, se montrent donc après la coulée formés de lames alternatives, distinctes par leur couleur, et leur cassure trahit une succession plus ou moins régulière de rubans. Si maintenant la cristallisation s'empare de ces

parties vitroïdes, on aura nécessairement une masse rubanée, composée alternativement de cristaux de diverse nature, d'où il est facile de tirer des conclusions relativement à la formation de certains granites veinés, de diorites veinées, de certains filons rubanés, etc., etc.

Passons actuellement aux effets du refroidissement graduel des masses à fluidité visqueuse; il détermine deux ordres de phénomènes : l'un est la dévitrification, l'autre est la cristallisation.

La dévitrification d'un verre quelconque, légèrement ou assez fortement ferrugineux, a lieu d'abord avec un changement remarquable dans les teintes des masses : ainsi du verre de carreau légèrement coloré par l'oxyde de fer, aussi bien que du verre à bouteille coloré en vert intense, commencent par perdre leur teinte verte pour prendre une nuance bleue, dont l'intensité est proportionnée à l'abondance de l'oxyde colorant. On s'explique ainsi la coloration en bleu de la plupart des laitiers, coloration qui a si fortement intrigué les chimistes, parmi lesquels il en est qui ont voulu attribuer le phénomène au carbone, d'autres au cuivre, d'autres au titane. Il n'y a là qu'un simple effet de dichroïsme; car le verre bleui n'est bleu que par réfraction; mais il est jaunâtre ou jaune-verdâtre par transparence. Cette circonstance explique la couleur bleue de certains minerais ferrugineux, tels que le phosphate de fer; et cela est si vrai, que le phosphate ci-dessus, soumis à la porphyrisation, donne une poussière verdâtre.

En continuant l'application de la chaleur à ces verres, ils s'opacifient, deviennent émaillés; la couleur bleuâtre s'efface, la masse blanchit, la peroxydation peut s'emparer de la masse en même temps que la cristallisation, et l'on a de vraies dévitrifications, à structure fibreuse, de couleur plus ou moins roussâtre. Or, la plupart des roches plutoniques étant plus ou moins ferrugineuses, on peut admettre que, dans certains cas, elles ont passé par l'état bleu pendant la succession des phases de leur dévitrification et de leur cristallisation. Ce n'est, à la vérité, qu'une conjecture, mais elle est assez motivée par les faits artificiels pour qu'elle mérite de fixer l'attention des géologues, et nous nous proposons d'entrer dans quelques détails à cet égard dans une notice spéciale.

Nous avons dit plus haut qu'indépendamment de la dévitrification, les verres présentaient aussi une cristallisation plus immédiate. En effet, une belle suite de verres de diverse nature montre que, dans certains cas, ils sont assimilables en tous points à une dissolution saline. Dans celle-ci, la concentration par évaporation ou par refroidissement détermine une production de cristaux qui

nagent dans l'eau-mère, ou se déposent sur le fond du vase en vertu de la pesanteur, ou bien s'appliquent contre les parois ou contre tout autre corps susceptible de faire l'effet d'un centre d'attraction. Or, dans les verres, tous ces effets se reproduisent. Certains éléments s'associent entre eux de manière à produire, soit des sphéroïdes rayonnés du centre à la circonférence, soit des cristaux prismatiques, simples ou groupés par entrecroisement, soit enfin des cristaux capillaires. Le reste de la masse vitreuse devient une vraie eau-mère, conserve sa transparence, et les cristaux y demeurent suspendus, à cause de la viscosité qui contrebalance l'effet de la pesanteur, ou bien encore, à cause de l'égalité des densités respectives; d'autres gagnent le fond des creusets, où ils déterminent des accumulations; d'autres enfin se réunissent contre les parois, et forment des enveloppes cristallines, au milieu desquelles la partie vitreuse se maintient encore comme une eau-mère dans un cristalliseur.

Mais cette eau-mère vitreuse peut cristalliser à son tour par le refroidissement subséquent, en prenant une texture différente de celle des cristaux précédents. On a ainsi des verres dévitrifiés contenant des prismes, des sphéroïdes, etc., et l'on arrive ainsi à concevoir la formation des roches porphyroïdes, des porphyres glanduleux, etc.; on est amené aussi à penser que les gros cristaux si nets des porphyres se sont développés avant la dévitrification de la pâte, etc.

En outre, puisque certains cristaux ont une tendance à se développer contre les aspérités des parois, on s'explique divers cas qui se présentent dans les filons, où la partie voisine des épontes est de nature différente de celle du centre, ce qui constitue encore un cas particulier de rubanement. Un corps quelconque, hérissé d'aspérités, détermine de même une attraction des cristaux; si donc des fragments de roche étrangère se trouvent inclus dans la pâte des filons, ils attireront autour d'eux les éléments les plus cristallisables, et refouleront plus loin les éléments moins cristallisables dans la circonstance donnée. De là cette disposition si remarquable des *minerais en anneaux*, ou des *ringertz* des mineurs allemands, disposition annulaire qui se lie intimement au rubanement particulier dont il vient d'être fait mention.

Si l'on considère attentivement les sphéroïdes rayonnés dont il a été fait mention plus haut, on voit qu'indépendamment des rayons, ils se composent de couches concentriques alternativement grises et blanches, circonstance qui indique des compositions

alternativement homogènes et hétérogènes de la masse. Or, rien ne ressemble davantage à cette structure rayonnée et en couches concentriques que la belle diorite globuleuse de la Corse ; cette formation se trouve donc reproduite artificiellement dans les verres de la collection que nous avons rassemblée.

Dans le cas où les cristaux sont simplement capillaires, ils se montrent tantôt passablement parallèles entre eux, ou bien enchevêtrés dans tous les sens ; il est encore facile de faire l'application de ces circonstances aux roches amphiboliques, qui sont tantôt schisteuses, tantôt à cassure irrégulière, par suite de la disposition des axes cristallins.

Enfin parmi les verres, les scories et les laitiers, il en est dont la structure est devenue complètement pierreuse ; quelques unes ressemblent, à s'y méprendre, à certaines laves.

Passons actuellement aux géodes des verres. Quand, après la première cristallisation des gros prismes, l'eau-mère vitreuse s'écoule par une cause quelconque, les cristaux adhérents aux parois ou liés entre eux d'une manière plus ou moins intime restent à leur place. On a alors des géodes tapissées de belles cristallisations. Ce fait, qui est du reste le même que celui qui se montre dans la fabrication des géodes de bismuth, reçoit encore quelques applications géologiques, car on peut concevoir une multitude de causes d'écoulement des parties encore liquides des filons par suite desquelles il reste des cavités hérissées de pointements cristallins. Mais il est une autre formation des géodes cristallines qui mérite de fixer l'attention à un plus haut degré, et qui est encore établie par les cristallisations artificielles des corps fondus. Voici en quoi elle consiste : certains corps cristallisent en formant une saillie au-dessus de la surface générale de la masse liquide ; l'argent fondu, la fonte de fer et même certains laitiers se hérissent ainsi de pointements cristallins plus ou moins élevés, et si la masse présente des soufflures, ces pointements peuvent hérisser de même la surface de ces cavités. On a donc alors des géodes dans lesquelles les cristaux se sont développés sans être noyés au milieu d'une eau-mère, comme c'est le cas ordinaire ; ils ont reçu leur accroissement par leur base, et cette circonstance explique un grand nombre de cas remarquables que présentent les cristaux des géodes ; nous nous réservons le soin de les publier prochainement.

Cet exposé suffira pour faire connaître quelques uns des produits les plus remarquables de la cristallisation classés systématiquement dans la collection de la Faculté de Lyon ; mais il en est d'autres qui sont relatifs aux phénomènes chimiques du métamor-

phisme, et ici les faits ne sont pas moins nombreux; nous allons donc les détailler en procédant du simple au composé.

La calcination pure et simple ou bien accompagnée d'un effet de grillage détermine la décoloration des roches bitumineuses, le changement de teinte des autres; les produits artificiels sont ici accompagnés de schistes et autres roches pareillement modifiés dans leur couleur par l'action des basaltes ou des porphyres.

La calcination détermine fréquemment un retrait, de là des prismatisations; les grès vosgiens dont on se sert pour la confection de la chemise intérieure des hauts-fourneaux se divisent en prismes dont la régularité est incomparable à celle des basaltes; des prismes analogues ont été trouvés dans la nature au contact des basaltes et des grès. La prismatisation peut, du reste, être régulière ou irrégulière; aussi des schistes de Tarare se fendillent au contact des porphyres en prismes dont les parois présentent des surfaces très irrégulières; ou bien on a des fendillements encore plus irréguliers qui déterminent des masses simplement articulées.

La calcination poussée au point de ramollissement convertit l'argile en *grais* (1), ou bien elle change l'état d'agrégation des roches, en général; la même opération effectuée par l'incendie des houillères donne lieu à la formation des jaspes thermantides; enfin dans la nature on a divers jaspes déterminés par le contact des serpentes, etc., etc.; ici les passages des opérations artificielles aux opérations naturelles sont des plus évidents, et parmi les jaspes de métamorphisme on doit surtout remarquer la belle suite des environs de Tarare.

La fusion d'une masse hétérogène peut être incomplète, en ce sens que dans un schiste chloriteux et feldspathique, par exemple, le chlorite se fondra avant le feldspath; dans un micaschiste, le mica sera liquéfié avant le quartz; dans une brique contenant des fragments de quartz, la pâte de la brique sera convertie en masse vitroïde, et le quartz restera intact ou à peu près. On conçoit donc que si la fusion n'a pas été poussée au point de faire couler les masses, et si de plus elles sont rubanées ou schisteuses par suite d'une disposition alternative des éléments minéralogiques, la

(1) Les argiles cuites au point d'éprouver un commencement de ramollissement passent à l'état de grès, ou plutôt de *grais*, suivant une ancienne orthographe, qui devrait être appliquée à ce cas particulier, afin d'éviter la confusion avec le grès des géologues, qui est un agrégat sableux.

texture schisteuse se conservera par suite de la résistance à la fusion d'une partie de la masse. Ce fait est donc d'une haute importance pour la théorie des transformations métamorphiques d'un grand nombre de roches et divers exemples tant naturels qu'artificiels sont encore disposés ici les uns à côté des autres.

On conçoit encore que les laitiers, les scories qui traversent les fourneaux doivent se combiner d'une manière plus ou moins intime avec la matière des parois de ces mêmes fourneaux et former des magmas hétérogènes très complexes. De là des masses de *confusions*, ainsi nommées par M. Bronn, et ces masses se présentent fréquemment au contact des roches plutoniques et sédimentaires.

Une masse fondue, ou mieux encore un liquide quelconque susceptible de mouiller un corps poreux, est absorbée par ce même corps poreux. La coupellation est un exemple pratique très connu; les sulfures de plomb et d'antimoine pénètrent de même dans la pâte des creusets; la fonte, dans les grès des hauts-fourneaux; le cuivre et le sulfure de cuivre, dans les soles des fourneaux à manche, etc., etc. De là à la métallisation des schistes et autres roches qui constituent les parois des filons, il n'y a qu'un pas, et nous possédons de beaux exemples de ces métallisations des grès anthraxifères de Mâcot, des schistes de Cheny et de Sainbel, etc.

Cette imbibition n'est pas restreinte aux seuls oxydes et sulfures métalliques; nous avons saturé de même artificiellement des schistes argileux par du chlorure de sodium; on conçoit donc que du quartz fondu, du feldspath, etc., doivent silicifier et feldspathiser des schistes et des grès, et, en effet, une série de schistes montre parfaitement la marche des phénomènes, tels qu'ils se sont produits au contact des quartz et des porphyres des environs de Lyon. Les faits sont d'autant plus évidents, que les lames du schiste argileux, par exemple, ont conservé leur teinte grisâtre, tandis que la partie feldspathique rouge se dessine par de longs rubans de même couleur alternant avec des feuillets schisteux. Pour rendre les faits encore plus démonstratifs; nous avons eu soin de mettre dans la collection les contacts des schistes et des porphyres, en sorte que la dérivation porphyrique est parfaitement saisissable.

Mais toute masse ramollie est susceptible de cristalliser par le refroidissement subséquent, s'il a été convenablement ménagé. Aussi les faits abondent en ce genre; ils se compliquent d'ailleurs souvent des résultats de la combinaison ou de la confusion des

éléments de la roche plutonique et de la roche sédimentaire. Nous nous contenterons donc de citer ici parmi les produits les plus remarquables la conversion des schistes argileux en schistes dits chloriteux, en schistes amphiboliques, en schistes micacés; la conversion des calcaires compactes en calcaires saccharoïdes; la formation des idocrases, des épidotes, des grenats, des asbestes, des micas, etc., etc.

Nous avons déjà décrit une partie des faits que renferme la collection de la Faculté de Lyon dans divers Mémoires insérés dans les *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, dans les *Annales de chimie et de physique*, dans les *Annales de la Société des sciences, agriculture et arts utiles de Lyon*; enfin, comme nous l'avons dit, quelques autres phénomènes seront successivement décrits au fur et à mesure que nos occupations pourront nous le permettre.

M. Gastaldi écrit de Turin pour établir que les Pentacrinites indiquées par lui, *Bull.*, 2^e série, t. II, p. 53, sont réellement tertiaires.

Turin, 29 avril 1846.

J'ai annoncé, le 17 juillet 1844 (*Bulletin*, 2^e série, t. II, p. 53), la découverte que je venais de faire de fragments de Pentacrinite dans les terrains miocènes de la colline de Turin. En circonscrivant quelques faits ayant rapport à cette découverte, je concluais qu'on ne pouvait révoquer en doute la présence de ces êtres dans les terrains tertiaires.

Dans sa séance du 20 janvier 1845 (*id.* p. 198), la Société, avec les dons reçus, voulut bien faire mention des fragments de Pentacrinites que je lui avais envoyés. A cette occasion, M. Rozet a formulé un doute sur leur provenance, et M. d'Archiac lui a fait observer que dans ma lettre d'envoi j'avais préventivement répondu à l'émission d'un tel doute.

Dans la séance du 16 juin (*id.* p. 574), M. Viquesnel a lu une note que lui a adressée M. Achille de Zigno, et dans laquelle celui-ci élevait un second doute sur la provenance des fossiles dont il était question.

La découverte que j'ai faite n'a par elle-même rien de surprenant; elle tendrait tout au plus à démontrer que la Pentacrinite vivante n'est point une création nouvelle, mais un représentant éloigné d'une famille jadis riche en genres et en espèces, et innom-

brable en individus, laquelle a peu à peu diminué sans disparaître totalement, et qui maintenant touche peut-être à sa fin.

Je n'attache pas à cette découverte plus d'importance qu'elle n'en mérite; mais comme dans ma lettre j'ai assuré que la présence des Pentacrinites dans le terrain tertiaire était indubitable, et désirant en outre que pareille assertion ne paraisse ni téméraire ni hasardée, je prends la liberté d'adresser à la Société les observations suivantes.

Il n'y a, selon moi, que deux doutes à élever contre mon assertion.

L'un serait formulé contre le fait lui-même, c'est-à-dire si les fossiles en question ont vraiment été trouvés dans des couches tertiaires, et, lorsque cela serait démontré, on pourrait ensuite demander si ces couches ne s'étant formées qu'aux dépens d'autres terrains plus anciens, les Pentacrinites n'en auraient pas été arrachées avec d'autres matériaux, et déposées ensuite dans les terrains tertiaires où elles sont maintenant renfermées.

En réponse au premier de ces doutes, je dirais que j'ai trouvé ces fragments de Pentacrinites dans une couche épaisse de sable serpentineux de la puissance d'environ 10 mètres, associées à des pointes d'Échines, Cidarites; à des Coraux, Isis, Antipates, Cellerpores, Membranipores, Serpules, Thécidées, etc., etc., et à une quantité d'osselets assez semblables à ceux des Astéries; et, ce qui est le plus important à observer, à des morceaux de bois percés par les Térédines, noircis et réduits à l'état de lignite.

La localité où j'ai trouvé pour la première fois ces fossiles est située entre Superga et le Pino, au versant S.-E. de la colline de Turin. J'en ai trouvé, il y a peu de jours, dans un autre endroit (la vallée des Ceppi), à 2 kilomètres environ du premier, et dans une couche analogue, des mêmes direction et inclinaison. Là, une assez grande quantité de ces fossiles formait à elle seule une petite couche de la longueur de 0^m,15. Ils consistent, ces fossiles, en fragments de tiges de 1, 2, 5, 10 anneaux, et en un grand nombre d'autres articulations qui devaient former peut-être les organes de préhension.

Les arêtes des anneaux de la colonne, les rebords et les entailles des articulations, sont dans un état d'exquise conservation.

Pour répondre maintenant au deuxième doute sus-énoncé, il faut observer que la colline de Turin, c'est-à-dire cette chaîne de monticules qui côtoie le Pô depuis Moncalieri jusqu'à Gassino, est exclusivement formée de terrain tertiaire moyen: à preuve, les observations de MM. Élie de Beaumont, Pault, de Collegno, de

La Marmora , et surtout les écrits du chevalier Ange Sismonda ;

Que seulement aux approches de Gassino , et dans quelques autres endroits du Monferrat , se montrent des couches d'un calcaire , ou tertiaire inférieur , ou nummulitique , ou crétacé supérieur , selon les différentes opinions émises à ce sujet , controverse qui a donné lieu à plusieurs travaux et discussions parmi les écrivains que je viens de nommer ;

Que la distance qui sépare la colline de Turin des Alpes n'est pas moindre de 15 kilomètres , et pas moindre de 70 celle qui la sépare des Apennins.

D'après cela , quand même on voudrait supposer que les Pentacrinites aient été arrachées aux couches de ces deux chaînes de montagnes , et entraînées où elles gisent maintenant ; à l'époque de la formation des terrains tertiaires , ce transport , soit qu'on le suppose opéré par les torrents ou par les flots de la mer , ne saurait être en harmonie avec l'état de conservation de ces fossiles.

D'ailleurs , pour répondre plus directement à cette supposition , je rappellerai :

Que les Pentacrinites n'ont été trouvées jusqu'à présent que dans les deux localités sus-mentionnées , et cela dans d'énormes couches de sable ;

Que l'épaisseur et les composants de ces couches marquent un long et paisible dépôt opéré au sein d'une eau limpide et placé à l'abri des fureurs de la mer , ce qui est éminemment en rapport avec l'organisation délicate de ces animaux.

Or, si ces fossiles eussent été arrachés à d'autres couches plus anciennes , on devrait maintenant les rencontrer de préférence parmi les cailloux du *nagelflue* ou dans les bancs de graviers ; en un mot, dans les dépôts qui se forment lorsque , soit par tempête de mer les flots sévissent le plus sur le rivage , ou que les torrents grossis rongent davantage les terrains par où ils passent , apportant ainsi un plus riche tribut à la mer.

Mais, à l'exception des deux localités susnommées , et distinctes sous plusieurs rapports , tous les autres dépôts fossilifères de notre colline , bien qu'ils aient été sondés soigneusement , et examinés avec attention par MM. Brocchi , Bonelli , Boyon , Géné , frères Sismonda , Michelotti , Bellardi , etc. , n'ont jamais offert jusqu'à présent rien d'analogue , et on n'y a découvert aucun fossile qui puisse nous faire supposer sa préexistence dans des terrains plus anciens.

Je vais donc conclure encore que les fossiles que j'ai trouvés sont tertiaires , ce qui d'ailleurs n'a rien d'extraordinaire. Cette

conclusion semblera peut-être inutile, vu la remarque de M. Alc. d'Orbigny (*id.*, p. 53); mais il m'a cependant paru nécessaire de répondre aux doutes émis à ce sujet.

M. d'Archiac a trouvé des espèces analogues dans le terrain de Biaritz. M. Agassiz ajoute que depuis longtemps on a signalé des Pentacrines dans l'argile de Londres.

Le Secrétaire communique le passage suivant d'une lettre de M. Ach. de Zigno :

Padoue, 28 avril 1846.

J'ai trouvé le terrain jurassique à *Ammonites biplex* de Sow., et à *Am. taticus* de Pusch, même sur nos collines Euganéennes, et toujours sous le *Biancone* à *Belemnites latus*, *Am. astierianus*, *Am. macilentus*, *Am. grasianus* et *crioceras*, comme je l'ai indiqué dans mon Mémoire.

M. Ach. de Zigno invite les géologues à visiter ses collections à Padoue.

M. de Roys propose Alais comme lieu de la prochaine réunion de la Société géologique.

M. Stobiecki, au nom de MM. Requier, Dumas, Renaud et Raspail, s'engage à se rendre à cette réunion.

M. Royer propose Bèfort.

MM. Michelin, de Bonnard, Virlet, votent pour Alais.

La Société décide qu'elle se réunira à Alais le 23 août 1846 (1).

M. Agassiz communique à la Société le type d'un genre nouveau de poissons fossiles du terrain dévonien (*Old red sand stone*), appartenant à la famille des Céphalaspides. Ce genre est surtout remarquable par le développement extraordinaire de la partie inférieure de la ceinture thoracique, qui ressemble au sternum des Tortues, et par une certaine analogie de forme avec les Coffres. Dix autres espèces également nouvelles appartiennent à des genres déjà connus de différentes familles. Toutes ces espèces proviennent de l'Eifel, et se trouvent dans collection de M. de Verneuil.

(1) Le jour de la réunion a été ultérieurement changé et fixé au dimanche 30 août.

M. Agassiz propose le nom d'Émidichthys pour son genre nouveau.

M. Ch. Deville donne quelques détails sur l'île de Fogo, une des îles du cap Vert.

Il dépose sur le bureau une esquisse topographique in-4° de cette île, faite par lui en 1846.

M. Marcou commence la lecture d'un Mémoire intitulé : *Recherches géologiques sur le Jura salinois*.

M. Rozet, à la suite de cette communication, fait remarquer que les soulèvements, dans le Jura de M. Thurmann, étant fondés sur des affleurements, il suffit d'un cours d'eau pour changer l'ordre de ces soulèvements en enlevant la couche supérieure.

M. Agassiz pense que M. Rozet n'a pas parfaitement compris la théorie de M. Thurmann. Nulle part les terrains oxfordiens ne sont mis à découvert que sur leur tranche. Si une partie de la couche oxfordienne est enlevée, il en résultera une excavation dans une falaise.

M. Rozet répond que c'est toujours la couche supérieure qui détermine l'ordre du soulèvement; supposons que les Romains aient fait une coupe dans la couche supérieure pour tracer une route, la couche superficielle disparaît, et c'est la couche au-dessous qui devient superficielle.

M. Agassiz trouve que M. Rozet prête à M. Thurmann une théorie qui n'est pas la sienne. Il prétend seulement que, suivant que la rupture pénètre jusqu'à l'argile kimmérienne, jusqu'au terrain oxfordien ou jusqu'au lias, etc., il l'appelle soulèvement de premier, de deuxième, de troisième ordre, etc.; il n'a jamais prétendu qu'il y eût une série de soulèvements ayant agi de bas en haut à des époques différentes pour produire ces différents accidents orographiques. Si le soulèvement a pénétré jusqu'au second système de marnes, il dit, en un mot, soulèvement de second ordre. Il les considère tous comme étant de même âge. L'expression est inexacte, si l'on veut; mais elle exprime une chose très nette et définie.

M. Agassiz veut que l'on creuse profondément le sens d'un auteur.

M. Rozet dit que c'est un seul soulèvement que l'on distingue en trois ou quatre.

M. d'Omalius d'Halloy regarde l'expression ordre de soulèvement comme très juste; il la compare aux ordres d'architecture : c'est seulement un mode.

M. d'Omalius d'Halloy fait la communication suivante :

Note sur la succession des êtres vivants, par M. d'Omalius d'Halloy.

Je conviens que les hypothèses sur les causes qui ont occasionné les différences que l'on remarque entre les êtres organisés qui se sont succédé à la surface de la terre ne peuvent, ainsi que toutes les considérations hypothétiques, en général, être considérées comme de la vraie science, mais la tendance de l'esprit humain à s'occuper de ces espèces de romans scientifiques, et les moyens qu'ils donnent de coordonner et d'expliquer les observations positives, sont cause que le développement de ces hypothèses a jusqu'à un certain point pris place à côté de l'étude des faits, et qu'il a toujours plus ou moins occupé les savants, ce qui me donne l'espoir que la société ne trouvera pas mauvais que je l'entretienne quelques instants de ce sujet.

La paléontologie, c'est-à-dire l'étude des restes de corps organisés qui se trouvent enfouis dans l'écorce du globe, est une science trop nouvelle pour que l'on puisse se flatter d'en obtenir toutes les lumières qu'elle répandra un jour sur l'histoire de la terre, et si elle nous a déjà assez instruits pour nous faire sourire lorsque nous voyons que Voltaire écrivait que les coquilles que l'on trouve sur les montagnes y avaient été déposées par des pèlerins, elle nous met encore dans le cas de faire des hypothèses qui peut-être ne paraîtront pas plus raisonnables à nos neveux.

Ayant été, en quelque manière, forcé de me prononcer sur le mérite de ces hypothèses, lorsque, en 1831, je publiai des *Éléments de géologie*, je donnai la préférence à celle qui suppose que les êtres vivants aujourd'hui descendent, par voie de génération, de ceux des premiers temps, quoique leurs formes présentent diverses modifications successives; mais les géologues sont en général contraires à cette manière de voir, et depuis qu'il est reconnu qu'aucune des espèces des premiers temps n'existe plus maintenant, et que même ces premières espèces, ni aucune des espèces actuelles, n'ont existé dans les temps intermédiaires, la plupart

d'entre eux admettent qu'il y a plusieurs créations précédées de destructions complètes de la nature vivante. Je suis loin de mettre à des opinions aussi hypothétiques plus d'importance qu'elles n'en méritent; j'avoue même, ainsi que je l'ai dit dans les éditions postérieures de l'ouvrage que je viens de citer, que ma confiance dans l'hypothèse des modifications a été ébranlée par la doctrine qui s'était assez généralement répandue parmi les paléontologistes, que les divers systèmes d'organismes étaient tellement tranchés qu'aucune espèce d'un système ne se retrouvait jamais associée à celle d'un autre système. Mais actuellement que cette manière de voir commence, à son tour, à être ébranlée, et que de nouvelles observations tendent à faire revenir à l'opinion que cette différence complète entre les êtres organisés enfouis dans deux dépôts immédiatement superposés, proviendrait de quelques circonstances accidentelles, telles que des destructions locales ou l'absence d'un dépôt intermédiaire, je crois pouvoir me permettre de revenir sur les motifs qui me portent encore à considérer l'hypothèse que j'ai admise comme celle qui s'accorde le mieux avec la marche ordinaire de la nature.

Les principaux motifs que les zoologistes invoquent pour faire rejeter l'hypothèse de la modification des êtres vivants, sont d'abord que les espèces n'ont point éprouvé de changements depuis les temps historiques les plus reculés, et que l'on ne trouve pas d'intermédiaires d'une espèce à une autre.

Je conviens que depuis les temps historiques, ou, pour parler le langage des naturalistes, depuis la dernière grande révolution géologique, il y a dans la nature organique une stabilité telle que les espèces se sont maintenues avec leurs caractères distinctifs; c'est là un résultat sur lequel l'étude des monuments historiques est d'accord avec celle des monuments géologiques, mais est-ce une raison pour qu'il en ait toujours été ainsi? toutefois, avant de rechercher ce qui a pu se passer dans les temps anciens, il convient d'examiner ce qui se passe maintenant. Or, tout en admettant qu'il y a dans la nature organique actuelle une stabilité qui ne permet pas des changements semblables à la succession de différences que nous révèle l'étude paléontologique du globe, il n'en résulte pas que cette stabilité soit complète. On ne peut disconvenir, en effet, que la plupart des êtres, transportés dans des contrées différentes de celles où leur race est habituée à vivre, n'éprouvent des modifications qui se reproduisent par la génération et deviennent permanentes si les mêmes circonstances continuent à agir. Quel est le cultivateur, par exemple, qui n'a point dit que certaines plantes ou certaines races d'animaux *dégénèrent* lorsqu'on les

transporte dans certaines contrées? On sait également que les soins de l'homme ont fini par faire doubler les fleurs, par rendre les fruits plus succulents et même, comme disent les horticulteurs, par faire *gagner de nouvelles espèces*. On est également parvenu à rendre les animaux domestiques plus propres aux usages auxquels on les destine, et les effets de cette influence des soins de l'homme sont si généralement reconnus qu'il n'y a pas de zoologiste qui ne convienne que la domesticité modifie les animaux. A la vérité il y a des zoologistes qui rejettent ces derniers résultats de la série des phénomènes naturels, et qui voient un effet de l'*art* partout où l'homme a étendu ses soins, de même que les minéralogistes appellent *artificiels* les cristaux que l'on obtient dans les laboratoires et dans les fabriques; mais j'ai déjà eu l'occasion de faire remarquer (1) que si l'art peut faire une statue, un tableau, un tissu, il ne peut faire ni un cristal, ni un être vivant; tout ce que l'homme fait à cet égard, c'est de disposer les choses de manière que certaine loi naturelle, dont l'action était paralysée, se trouve dans des circonstances qui en facilitent le développement. Si maintenant nous recherchons quels sont les moyens que l'homme emploie pour modifier les êtres vivants, nous verrons que c'est en général en changeant l'alimentation et la température. Or, l'étude de la géologie nous prouve que la température, la nature de l'atmosphère et les productions de la terre ont été dans les temps anciens bien différentes de ce qu'elles sont dans la période actuelle, et qu'elles y ont éprouvé beaucoup de variations.

L'objection tirée de ce qu'il n'y aurait pas de passages entre les espèces anciennes et les espèces actuelles, serait d'une grande importance si les zoologistes étaient d'accord sur les principes qui déterminent l'espèce et sur l'application de ces principes; mais on est porté à en prendre une idée différente lorsque l'on voit les grandes variations qui existent à ce sujet. On serait même tenté de dire que la détermination de l'espèce chez les paléontologistes, au lieu d'être basée sur des caractères tirés uniquement des corps observés, est le résultat d'idées théoriques, car nous voyons que les auteurs qui pensent que chaque période géologique correspond à une population organique complètement indépendante donnent des noms spécifiques différents à des êtres qui, pour d'autres paléontologistes, ne forment que des variétés d'une même espèce. Nous voyons même plus, c'est-à-dire qu'il arrive quelquefois qu'un auteur nous dit que des individus de certaine espèce ont été abusivement rangés dans une autre espèce. Du reste, ce n'est pas seu-

(1) *Précis élémentaire de géologie*, p. 198.

lement dans la paléontologie qu'il règne des incertitudes sur l'établissement des espèces; car si nous ouvrons un traité de zoologie, nous y verrons que des êtres vivant actuellement, et dont certains auteurs font plusieurs espèces, sont considérés par d'autres comme de simples variétés. Cette variation, au surplus, ne doit point étonner lorsque l'on fait attention que l'on n'a pas encore pu faire, pour l'espèce organique, une bonne définition basée sur les caractères des êtres que l'on observe, et que celles qui sont le plus généralement admises s'appuient sur l'origine des êtres, c'est-à-dire sur une considération qui échappe ordinairement à l'observation, et qui est plus ou moins hypothétique. Nous n'avons, en effet, aucun moyen positif de nous assurer que des êtres soumis à notre examen descendent exclusivement d'ancêtres qui présentaient le même ensemble de caractères; aussi les zoologistes n'ont-ils pas encore pu se mettre d'accord sur l'unité spécifique du groupe d'animaux qu'ils sont le mieux à même d'observer, celui des chiens domestiques. D'un autre côté, cette supposition que les descendants doivent toujours présenter les mêmes caractères que leurs ancêtres, est-elle bien en harmonie avec les modifications occasionnées sous nos yeux par des causes extérieures et avec la faculté qu'ont certains êtres de se reproduire en s'unissant avec des êtres d'espèces différentes? On dit, à la vérité, pour ce qui concerne cette dernière considération, que les croisements n'ont presque jamais lieu dans l'état naturel, et que les hybrides sont généralement stériles ou tendent à retourner à l'un des types spécifiques originaux. Mais, quelle que soit la répugnance que la nature a pour les croisements et la difficulté que les hybrides ont à se reproduire, il suffit que ces phénomènes aient quelquefois lieu pour qu'on puisse les considérer comme entrant dans la série des lois naturelles. On sait, d'ailleurs, qu'il y a des circonstances qui rendent les êtres vivants plus disposés aux croisements, et ces circonstances sont précisément en rapport avec ce qui avait lieu dans le temps des grandes révolutions géologiques. D'un autre côté, quand nous parlons de la stérilité des hybrides, ou plutôt de certains hybrides, ne ressemblons-nous pas à un cornac hindou qui dirait que les éléphants sont stériles parce que l'on n'en a pas encore vu se reproduire en domesticité? Car, de même que ce résultat est dû à ce que l'éléphant a besoin pour se reproduire de se trouver dans des conditions où l'on n'a pas encore pu le mettre dans l'état de domesticité, il est probable que si les hybrides stériles ne se reproduisent pas, c'est qu'ils ne se trouvent pas dans les conditions nécessaires pour que leur reproduction ait lieu; or,

l'étude de la géologie nous porte à conclure que les temps anciens étaient bien plus favorables à la reproduction des êtres vivants que la période actuelle. Pour ce qui est du prétendu retour des produits des hybrides vers l'un de leurs types, j'ai déjà eu l'occasion de faire remarquer (1) qu'il est loin d'être constaté que ce retour ait lieu lorsqu'il n'est pas déterminé par un nouveau croisement, et qu'il est bien probable que l'on a pris pour un retour de simples oscillations qui s'exercent, comme toutes les oscillations, dans des limites plus ou moins restreintes (2).

(1) *Des races humaines*, p. 42.

(2) Comme je viens de parler du retour à un type primitif, il n'est pas hors de propos d'ajouter que les êtres modifiés par les soins de l'homme, retournant à la forme antérieure de leurs ancêtres lorsqu'on les abandonne à eux-mêmes, on a invoqué ce retour contre la modification des espèces; et les zoologistes, qui rejettent cette modification comme une hypothèse trop hasardée, se servent d'un langage tout aussi hypothétique; car ils disent que, dans ce cas, il y a *retour à un type primitif*, comme s'ils avaient la preuve que la forme actuelle des êtres vivants à l'état sauvage est celle qu'ont toujours eue les ancêtres de ces êtres. Du reste, cette tendance des êtres modifiés par la domesticité à reprendre, lorsqu'on les abandonne à eux-mêmes, les formes de ceux restés sauvages, n'est pas, selon moi, une preuve que ces formes leur soient plus *naturelles*; elle annonce seulement que ces formes sont celles que leur donnent les conditions dans lesquelles ils se trouvent à l'état sauvage. En effet, lorsque l'homme cesse de mettre ces êtres dans les conditions propres à leur donner et à leur conserver les formes particulières à la domesticité, les causes qui agissent sur les êtres sauvages recommencent à agir sur eux, et tendent, par conséquent, à leur faire reprendre des formes en harmonie avec les nouvelles conditions où ils se trouvent. De sorte que ce phénomène, bien loin de prouver que les ancêtres des êtres actuels avaient les mêmes formes que ces derniers, est, au contraire, à mes yeux, un motif pour admettre que, quand l'état du globe était différent de ce qu'il est aujourd'hui, les êtres vivants y avaient des formes différentes de celles qu'ils ont maintenant.

Je pourrais encore ajouter que l'hypothèse de la modification des espèces vient de recevoir un nouvel appui par la découverte que l'on a faite, dans ces derniers temps, d'animaux qui ont la faculté de se reproduire avant d'avoir pris leur dernière forme; car on conçoit que s'il survenait une cause générale et permanente qui empêchât ces animaux d'accomplir leur dernière métamorphose, il s'établirait une nouvelle série d'êtres qui formerait une espèce différente de celle de leurs ancêtres, espèce qui pourrait même appartenir à une autre classe que l'espèce originaire, comme dans le cas de ces Polypes que l'on a reconnu présenter pendant une certaine période de vie les caractères distinctifs des Acalèphes. Or, on sait qu'une foule de petites circon-

On voit, par ce qui précède, que ; quelle que soit la stabilité actuelle des espèces, les modifications des êtres vivants ne sont pas un phénomène étranger à la nature actuelle, et que, en supposant que ces modifications se sont exercées anciennement dans des limites beaucoup plus étendues qu'actuellement, on ne fait qu'appliquer à la nature organique les mêmes principes que presque tous les géologues appliquent à la nature inorganique, manière de voir qui paraît d'autant plus rationnelle, que les causes que nous supposons avoir donné plus de force aux phénomènes physiques sont également de nature à donner plus d'énergie aux phénomènes physiologiques.

Si nous nous occupons maintenant de l'hypothèse qui admet des créations successives, ne pouvons-nous pas dire qu'elle recourt à des phénomènes tout-à-fait en dehors de la nature actuelle? On dit, à la vérité, pour justifier cette manière de voir, que, puisqu'il faut supposer une première création, on ne sort pas de l'ordre naturel en admettant qu'il y en ait eu plusieurs; mais je répondrai que cette supposition d'une première création n'est pas même une conséquence de l'observation, et que si le mot création s'est introduit dans le langage du naturaliste, c'est que la religion a fait de ce grand acte de la volonté de Dieu une des expressions ordinaires du langage usuel. Le naturaliste doit avouer que la première cause du mouvement vital ne lui est pas plus connue que celle des mouvements physiques, et que les sciences naturelles doivent s'arrêter devant des recherches qui ne sont plus de leur domaine (1).

stances extérieures, telles qu'un changement de température ou de milieu, suffisent pour arrêter l'évolution d'un être vivant, et que l'étude de la géologie nous fait connaître que la température et la nature des fluides qui entourent la terre ont éprouvé dans la série des temps de grands changements, plus ou moins généraux et plus ou moins permanents.

(1) J'ai déjà eu l'occasion d'exprimer plusieurs fois que l'on devait éviter de faire intervenir les considérations religieuses dans les discussions sur les sciences naturelles; mais, comme d'un côté les naturalistes ont introduit le dogme de la création dans la question qui nous occupe, et que, d'un autre côté, on a attaqué l'hypothèse de la modification des espèces, comme contraire aux croyances religieuses, je me permettrai de faire observer que l'hypothèse de plusieurs créations, précédées de destructions complètes de tous les organismes préexistants, est bien plus contraire au texte et à l'esprit de nos livres sacrés que celle de certaines modifications dans les formes des êtres vivants. En effet, ces livres ne parlent que d'une seule création, dont le détail

D'un autre côté, l'état des diverses populations qui se sont succédé à la surface de la terre est-il bien en rapport avec ce qu'il semble devoir être, s'il y avait eu des créations successives précédées de destructions complètes des organismes précédents? Il serait au contraire bien étonnant, dans ce cas, que ces créations se soient toujours reproduites sur les mêmes types généraux et que ces types aient chaque fois éprouvé des modifications progressives qui tendissent à les faire arriver à l'état de l'organisation actuelle (1). Un semblable hasard est tout-à-fait inadmissible, et si l'on objectait que ce résultat n'est point un hasard, mais l'effet d'une loi de la nature, n'est-on pas en droit de répondre que les lois de la nature sont toujours les plus simples possibles, et qu'il est bien plus simple de supposer que les espèces contiennent en elles-mêmes l'aptitude à éprouver certaines modifications lorsqu'elles sont soumises à l'action de certaines causes, que de supposer que pour amener un semblable résultat, la nature a eu recours à des moyens aussi

s'allie assez bien avec les résultats de la paléontologie, pour ce qui concerne l'apparition successive des principaux types, et loin de conduire à supposer que les premiers types aient été complètement détruits et remplacés par des créations nouvelles, ils nous entretiennent de la manière dont ces types ont été conservés à travers la dernière grande révolution géologique. Ces livres nous conduisent également, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer ailleurs, à admettre des modifications dans la succession des êtres qui descendaient d'une même souche, puisqu'ils nous rapportent que l'homme était doué, dans les temps anciens, d'une longévité qui n'est plus en rapport avec son organisation actuelle.

(1) On a attaqué l'expression de tendance au perfectionnement dont on s'est servi pour désigner la marche progressive de la nature organique, par la considération que certaines grandes coupes de la série animale n'avaient éprouvé aucun perfectionnement depuis les premiers temps connus; mais il suffit que ce perfectionnement successif ait eu lieu dans le groupe le plus élevé, celui des animaux vertébrés, pour que l'expression soit exacte, d'autant plus qu'il n'y aurait rien de contraire à la doctrine du perfectionnement dans la supposition que certains groupes avaient acquis dès les premiers temps toute la perfection qui, d'après la loi de la subordination des caractères, est compatible avec leur plan d'organisation. D'un autre côté, il est bon de faire remarquer que l'on tomberait dans une erreur grossière si l'on supposait que par le perfectionnement des êtres on entend nécessairement que tous les types proviennent du type le plus simple; car si cette idée a pu venir avant les découvertes de la paléontologie moderne, elle est maintenant, ainsi que l'idée de la génération spontanée, en opposition avec l'observation.

compliqués et aussi extraordinaires qu'e des destructions complètes des organismes et de nouvelles créations ?

On a aussi supposé que , au lieu de nouvelles créations précédées de destructions complètes , les formes nouvelles dont la paléontologie nous révèle l'apparition successive étaient le résultat de créations partielles , ou, si l'on veut , le résultat de germes restés sans manifestation extérieure depuis la première création. Cette hypothèse a sans contredit quelque chose de moins compliqué que la précédente , mais elle n'est justifiée par aucun des faits que nous offre la nature actuelle , tandis que l'on a vu ci-dessus que le phénomène de la modification des êtres vivants s'exerçait encore dans de certaines limites. Je persiste donc à croire que cette dernière hypothèse est bien plus en rapport avec l'état actuel des choses que celles qui supposent que de nouvelles formes ont apparu sur la terre autrement que par la génération des êtres préexistants.

M. Agassiz dit que les paléontologistes qui parlent de créations réitérées empruntent leurs arguments aux fossiles seulement. Les créations réitérées sont indépendantes les unes des autres. Quant à la mutabilité des espèces actuelles , M. Agassiz admet les exemples cités par M. d'Omalius ; mais pour les espèces de plantes et d'animaux domestiques , c'est l'homme qui les modifie. Les modifications dans les différentes couches géologiques sont d'une nature très différente.

M. Boubée soutient que l'homme a été créé après beaucoup d'autres êtres organisés qui avaient peuplé la terre avant lui , et qu'on ne saurait le déduire d'aucune souche préexistante.

M. d'Omalius répond qu'on doit s'occuper uniquement des êtres vivants comme êtres existants , et changer le mot création.

M. Michelin aurait voulu que M. d'Omalius s'expliquât sur un système qui suppose une création de tous les êtres parmi lesquels il y a eu ensuite des extinctions.

M. d'Omalius renvoie sa réponse au moment où l'on connaîtra la paléontologie de toute la terre.

M. Michelin soutient l'absence de fossiles d'un terrain dans un autre terrain , en se fondant sur des espèces de Polypiers.

M. Boubée proteste contre l'idée qu'il n'y a pas eu de création , et même plusieurs créations distinctes et successives , lorsque telle est la conclusion la plus formelle et la plus éclatante.

tante des observations déjà si nombreuses recueillies sur la terre entière.

De plus, M. Boubée défend les naturalistes, et il se défend lui-même contre cette imputation de M. d'Omalius, d'avoir fait intervenir les considérations religieuses dans les discussions de la science. Les géologues qui ont fait apercevoir une correspondance frappante entre la série des faits géologiques et l'ordre des créations consigné dans la Genèse, n'ont nullement invoqué l'autorité des livres sacrés à l'appui de leurs systèmes ou de leurs explications. Ils ont simplement signalé un fait qui reste en dehors de toute théorie scientifique ; à savoir, cette relation qui existe entre le résultat des observations aujourd'hui acquises à la science et le récit de la Genèse. Mais on ne saurait dire que ce soit là faire intervenir les considérations religieuses dans les discussions de la science.

M. Rozet fait observer que l'on ne connaît pas assez les animaux marins pour parler de création.

M. le Secrétaire donne une idée d'un Mémoire de M. Royer, sur les moraines d'Olichamp, près de Remiremont.

Il lit les conclusions d'un Mémoire de M. Cornuel sur les fossiles microscopiques du terrain crétacé inférieur de l'Aube.

Séance du 18 mai 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DUFRENOY, *vice-président*.

M. Le Blanc, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. Leymerie, *Statistique géologique et minéralogique du département de l'Aube* ; in-8°, 676 p., atlas de 11 pl. Troyes-Paris, 1846.

De la part de M. Alcide d'Orbigny, 1^o *Paléontologie des coquilles et mollusques étrangers à la France*; 1^{re} livraison.

2^o *Mollusques vivants et fossiles*; 2^e et 3^e livraisons.

De la part de M. Hardouin Michelin, *Iconographie zoophytologique*; 21^e livraison.

De la part de M. Damour, *Analyse du Jade oriental* (extr. des *Annales de chimie et de physique*, 3^e part., t. XVI); in-8°, 6 p., Paris, 1846.

De la part de M. le Dr E. Robert, *Moyens proposés pour préserver les statues et les marbres de toutes sortes, exposés à l'air, des cryptogames, etc.* (extr. du *Moniteur des Arts* du 26 avril 1846); in-8°, 8 p. Paris, 1846.

De la part de M. Achille de Zigno, *Su'l terreno cretaceo, etc.* (Observations sur le terrain crétacé de l'Italie septentrionale); in-4°, 12 p., 1 pl. Padoue, 1846.

De la part du ministre de la Guerre des États-Unis, *Reports, etc.* (Rapport destiné à l'explication d'une carte du bassin hydrographique du Haut-Mississipi, fait par J.-N. Nicollet); in-8°, 170 p., 1 carte. Washington, 1843.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1846, 1^{er} semestre, nos 18 et 19.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. V, n° 27.

Annales de l'Auvergne; t. XIX, mars et avril 1846.

L'Institut, 1846, nos 644 et 645.

L'Écho du monde savant, 1846, 1^{er} sem., nos 36 à 38.

The Athenæum, 1846, nos 967 et 968.

The Mining Journal, 1846, nos 559 et 560.

Neues Jahrbuch, etc., par Leonhard et Bronn, 1846, 2^e cahier.

La Société nomme MM. de La Marmora, Sismonda et Pareto pour ses délégués au congrès scientifique de Gênes.

M. Marcou achève la lecture de son Mémoire sur le Jura salinois qu'il avait commencée dans la séance précédente. Il offre à la Société une collection de fossiles relative à cette communication, dont il donne le résumé suivant :

*Résumé de mon Mémoire intitulé : Recherches géologiques
sur le Jura salinois.*

Dans les observations préliminaires, je fais l'historique des travaux géologiques dont les monts Jura ont été le théâtre, et j'insiste surtout sur les Mémoires de M. Thirria, qui, le premier, a donné une description des terrains jurassiques du continent européen; de M. Thurmann, dont la belle théorie des soulèvements jurassiques a fait faire un pas immense à la géologie du Jura; de M. Gressly, qui, en donnant une description aussi savante que concise du Jura soleurois, a abordé et traité les questions les plus difficiles de la géologie, et a tracé aux géologues qui s'occupent du Jura la seule voie qui puisse les conduire à des résultats vraiment généraux et philosophiques. Enfin les travaux paléontologiques du savant M. Agassiz ont jeté une vive lumière sur les êtres organisés qui habitent les parages actuellement occupés par les monts Jura, lors de la période jurassique.

Le plan que j'ai adopté est celui suivi par M. Thurmann; avec quelques modifications apportées par les progrès de la science. Je divise mon travail en trois parties, tout-à-fait distinctes l'une de l'autre, par suite de la topographie du pays que je décris. La première partie, qui est celle que je présente actuellement, comprend la description pétrographique, géognostique et paléontologique des terrains keupériens et jurassiques; terrains qui constituent entièrement la charpente des montagnes du Jura, et dont la dislocation s'est opérée à la même époque. La seconde partie comprendra la description des terrains néocomiens et du gault, ainsi que des alluvions de la Bresse; enfin la troisième partie présentera l'orographie des chaînes du Jura français, et sera accompagnée d'un grand nombre de coupes et d'aspects géologiques.

Le terrain le plus ancien qui affleure dans le Jura salinois est le trias représenté par le keuper; il longe toute la grande falaise jurassique depuis Salins jusqu'à Lons-le-Saulnier, et présente sur cette étendue un grand nombre de coupes dont voici le résumé. Je divise le keuper en trois étages: l'étage inférieur, composé de deux groupes, comprend dans le premier groupe les sels gemmes et les marnes salifères (1), et dans le second, un banc de dolomie, des gypses marneux, noirâtres, avec nombreux cristaux de sulfate

(1) Voir, pour plus de détails, ma *Notice sur la formation keupérienne dans le Jura salinois*.

de chaux, de couleur blanc rosé, et souvent rouge pourpre, des marnes irisées, le plus souvent plastiques, une mince couche de houille, des grès micacés et des macignos ferrugineux. La couche de houille varie beaucoup de puissance suivant les localités, et est quelquefois réduite à un état des plus rudimentaires. En général, on remarque que, plus on s'éloigne des bords des Vosges et de la Forêt-Noire, plus la couche va en diminuant de puissance; de sorte que cela semble indiquer pour origine des végétaux qui ont formé cette houille les rivages des îles vosgiennes et herzyniennes. L'étage moyen, composé de deux groupes, présente un très grand développement de gypse et de dolomie; le premier groupe commence par une grande couche de dolomie qui se trouve assez généralement à découvert, puis au-dessus se trouve une grande série d'assises alternatives, de marne, de gypse compacte ou amygdaloïde, le plus souvent de couleur blanc ou gris veiné de rose. Le second groupe de l'étage moyen commence à un troisième grand banc de dolomie, souvent celluleuse et connue alors sous le nom de *Rauhwacke*; puis viennent d'énormes bancs de gypse blanc, très compacte, et qui sont généralement préférés pour l'exploitation du plâtre. Enfin l'étage supérieur est caractérisé par l'absence complète de gypse et par un grand développement de marnes et de grès. Le premier groupe est composé d'une série de couches de marnes irisées, le vert dominant à la partie supérieure; le deuxième groupe renferme des grès, des marnes très schisteuses, noires, ressemblant à des ardoises, et des calcaires sableux jaunâtres; enfin le troisième groupe présente des grès, des marnes et quelques calcaires sableux passant au macigno. Ce troisième groupe, connu généralement sous le nom de *Quadersandstein*, ne renferme aucun fossile jurassique; c'est pourquoi je l'ai classé dans le keuper, dont il est partie intégrante sous tous les rapports (1).

Les fossiles sont rares dans tout ce terrain, et manquent complètement dans les gypses et les sels gemmes; ce qui est une des plus grandes objections que l'on puisse faire contre la théorie qui suppose que ces substances proviennent de transformation des roches primitives, opérées par des gaz qui se seraient échappés lors de la dislocation du Jura. L'étage supérieur est celui dans lequel on rencontre le plus de débris fossiles, soit d'animaux, soit de plantes; mais la faune indique encore la période triasique, et au-

(1) Voir ma *Notice sur les différentes formations des terrains jurassiques dans le Jura occidental*, tome III des *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*.

cun fossile jurassique ne vient trahir que cet étage se soit déposé pendant l'époque jurassique.

Tableau des différents groupes qui composent le keuper dans le Jura salinois.

Formation vaseuse.	Avec épanchement plutonique, opéré par des sources minérales déposantes.	Étage supérieur.	Macigno . Quadersandstein et Schilfsandstein	5 ^e Groupe.	Réappart. de la faune triasique, et absence complète de fossiles jurassiques.	
			Calcaires cloisonnés fétides.			
			Schiste ardoisier et calcaire à <i>Cypricardia</i>	2 ^e Groupe.		
			Grès de Boisset			
			Marnes argileuses et calcaires, irisées, avec interposition de couches de dolomie	1 ^{er} Groupe.		
		Étage moyen.	Gypse blanc et grès.	2 ^e Groupe.		Absence complète de fossiles.
			Troisième banc de dolomie.			
			Gypse blanc compacte et amygdaloïde.	1 ^{er} Groupe.		
			Marnes gypseuses rouge lie de vin			
			Second banc de dolomie.			
	Étage inférieur.	Marnes, grès micacés et houille	2 ^e Groupe.	Decadence du règne des végét. dans l'Europe centr.		
		Gypse noirâtre et rouge, et cristaux de sulfate de chaux				
		Premier banc de dolomie.				
		Marnes salifères.	1 ^{er} Groupe.			
		Sels gemmes.				

Je divise le terrain jurassique en quatre étages, qui se présentent dans l'ordre suivant. Le Lias, qui commence au calcaire à *Gryphées* arquées, se subdivise en trois groupes principaux; le groupe inférieur renfermant seulement le calcaire à *Gryphites*, et dont les fossiles les plus caractéristiques sont : *Belemnites acutus* Miller; *Nautilus intermedius* Sow.; *Ammonites Bucklandi* Sow.; *Stellaris* Sow.; *Conybeari* Sow, et *Kridion* Hehl.; *Gryphæa arcuata* Lam.; *Pecten textorius* Goldf.; *Lima gigantea* Desh.; *Spirifer Walcotii* Sow.; *Pinna Hartmanni* Ziet.; *Cardinia concinna* Agas.; et *securiformis* Agas.; *Homomya ventricosa* Agas.; *Pleuromya striatula* Agas., et *galathea* Agas.; *Pentacrinus basaltiformis* Miller, etc. Le groupe moyen comprend une grande masse de marnes et calcaires marneux, qui se subdivisent de la manière suivante d'après les fossiles que l'on y rencontre : les marnes et calcaires marneux à *Gryphea cymbium*, dont les fossiles les plus caractéristiques sont : *Belemnites umbilicatus* Blainv., et *Fournelianus* d'Orb.; *Ammonites planicostata* Sow.; *Gryphæa cymbium* Lam.; *Spirifer rostratus* Ziet.; *Terebratula numismalis* Bronn; *Pholadomya Voltzii* Agas.; *Mactromya gibbosa* Agas.; etc.; le calcaire à *Belemnites*, pétris du *Belemnites umbilicatus*, et dont les autres fossiles les plus caractéristiques sont : *Ammonites Dacæi* Sow., et *fimbriatus* Sow. Les marnes à *Ammonites margaritatus* renferment un grande quantité

de corps cylindriques et ovoïdes, connus sous le nom de *Septaria*; elles sont très peu riches en fossiles; le plus abondant est l'*Ammonites margaritatus* d'Orb. Enfin les marnes à *Plicatules* sont caractérisées par le *Plicatula spinosa* Sow.; *Belemnites Bruguiervianus* d'Orb.; *Ammonites spinatus* Brug. et le *Pecten æquivalvis* Sow. Le groupe supérieur du Lias commence à des marnes très schisteuses, bitumineuses, renfermant une très grande quantité de *Possidonia Bronnii*, Goldf.; puis viennent des marnes bleuâtres très fossilifères, que je désigne sous le nom de marnes à *Trochus*, parce que le *Trochus duplicatus* Sow. s'y montre abondamment dans toutes les chaînes des monts Jura. Les autres fossiles les plus caractéristiques sont : *Belemnites irregularis* Schlot., *compressus* Blainv., *unisulcatus* Blainv. et *brevirostris* d'Orb.; *Ammonites bifrons* Brug., *radians* Schlot., *primordialis* Schlot., *Germani* d'Orb., *mucronatus* d'Orb., *Requinianus* d'Orb., *sternalis* de Buch., *insignis* Schubler, *complanatus* Brug., *discoïdes* Ziet., *binus* d'Orb., et *serpentinus* Schlot.; *Turritella echinata* de Buch.; *Pecten paradoxus* Münster.; *Trigonia pulchella* Agas.; *Arca æquivalvis* Goldf.; *Nucula Hammeri* Def., *rostralis* Lam.; *Cyathophyllum mactra* Goldf., etc. Enfin le grès superliasique termine l'étage du lias. Les fossiles qui dominent dans tout cet étage appartiennent à la famille des Céphalopodes, ce qui me fait regarder ce membre du terrain jurassique (des monts Jura) comme le règne des Céphalopodes jurassiques. Les roches dominantes sont des marnes et calcaires marneux, avec quelques couches de grès qui indiquent un dépôt de formation vaseuse, avec courants qui amenaient des sables lors du dépôt des grès.

L'étage de l'oolite inférieure commence par des assises de calcaires marneux, imprégnés d'une très grande quantité d'oolite ferrugineuse; les fossiles les plus caractéristiques sont : *Ammonites subradiatus* Sow.; *Murchisonæ* Sow.; *Lima proboscidea* Sow.; *Terbratula perovalis* Sow., *Pholadomya Zietenii* Agas.; *media* Agas.; *Pleuromya tenuistria* Agas.; *Alduini* Agas.; *Hyboclypus gibberulus* Agas.; *Cidaris horrida* Mér., etc. Au-dessus se trouve une grande série d'assises de calcaires compactes, jaunâtres, renfermant des fossiles triturés et indéterminables, que je désigne sous le nom de calcaire *Lædonien*, parce qu'aux environs de Lons-le-Saulnier ce groupe est très développé. Puis vient le calcaire à *Polypiers*, qui offre un très grand développement de polypiers pierreux, appartenant aux genres *Astræa*, *Agaricia*, *Pavonia*, *Meandrina*, etc. Aux alentours de ces bancs de polypiers, on rencontre assez abondamment des débris d'Échinides appartenant à

la sous-famille des Cidarides de M. Agassiz, tandis qu'au contraire les Céphalopodes y sont extrêmement rares. On y trouve aussi un grand nombre de rognons siliceux connus sous le nom de *chaille* : ces rognons renferment souvent des pholadomyes ou des térébratules roulées ; et leur existence auprès des bancs polypiers indique pour ces chailles une origine inhérente à ces bancs de Zoophytes. Une mince couche de marnes généralement connues sous le nom de *Fullers-earth*, et que je désigne sous le nom de *marnes vésuliennes*, parce qu'elles ont été très bien observées par M. Thirria aux environs de Vesoul, se montre au-dessus du calcaire à polypiers. La faune de ces marnes varie beaucoup suivant les localités, et en poursuivant la couche sur une distance de 70 kilomètres j'ai vu changer plusieurs fois l'association des fossiles, et je n'ai rencontré qu'une seule térébratule de réellement identique sur toute cette distance. Les fossiles les plus caractéristiques sont : *Ostrea Knorrii* Voltz ; *Ostrea acuminata* Sow. ; *Terebratula concinna* Bronn ; *Pholadomya Buccardium* Agas. ; *Mactromya aequalis* Agas. ; *Gresslya latirostris* Agas. ; *Dysaster analis* Agas. ; *Clypeus solodurinus* Agas. ; *Patella et Hugii* Agas. ; *Discoidea depressa* Agas. ; *Acrosalenia spinosa* Agas., etc. Au-dessus se trouve une série d'assises de calcaires compactes, oolitiques, généralement connue sous le nom de *Great-oolite* et *Forest-marble*, et renfermant très peu de fossiles ; on n'y rencontre que des térébratules et un nucléolite. Le *Cornbrash* se montre ensuite, avec quelques fossiles appartenant surtout aux genres Térébratules, Clypeastroïdes et Cidarides. Ce groupe a été très bien décrit par notre savant confrère M. Parandier, ingénieur des ponts et chaussées, dans le volume du *Congrès scientifique de France tenu à Besançon*. L'étage de l'oolite inférieure indique une formation presque exclusivement calcaire, avec quelques rares accidents de dépôts vaseux qui ne s'étendent pas sur un grand espace. La faune générale de l'étage indique une période de transition des Céphalopodes liasiques aux Céphalopodes oxfordiens, et présente aussi l'apparition des Zoophytes jurassiques, qui prennent un si grand développement lors de l'époque corallienne.

Les couches du Cornbrash sont recouvertes par des espèces de placage de fer oxydé, qui se présente ensuite par oolites lenticulaires mêlées dans une gangue calcaréo-marneuse, dont les assises commencent l'étage oxfordien. Ce *fer oolitique sous-oxfordien* a souvent une très faible puissance, surtout dans le Jura suisse ; mais comme on le trouve dans toutes les parties des monts Jura, et qu'il prend un très grand développement dans la Bourgogne, j'ai cru devoir en faire un groupe à part. Les fossiles les plus carac-

téristiques sont des Térébratules, des Pholadomyes, de grandes Ammonites plates et bombées, des rostellaires et autres Gastéropodes, ainsi que quelques Échinides. Au-dessus se trouvent les marnes oxfordiennes proprement dites; ces marnes renferment une grande quantité de fossiles à l'état pyriteux; les plus caractéristiques sont : *Belemnites hastatus* Blainv.; *Ammonites dentatus* Rein., *hecticus* Rein., *annularis* Bronn, *Homberti* Sow., *perarmatus* Sow.; *Terebratula biplicata mediojurinsis* Thurin., *impressa* Bronn., *Thurmanni* Voltz; *Nucula subovalis* Sow.; *Pentacrinus pentagonalis* Goldf., etc. La distribution géographique de ces fossiles varie, surtout par rapport aux distances des localités, aux rivages des Vosges et du Schwarzwald; plus l'on s'éloigne de ces rivages, plus les fossiles diminuent et deviennent rabougris, et plus les marnes elles-mêmes décroissent de puissance. Elles sont alors remplacées par des assises de calcaires marneux qui présentent surtout dans les régions subpélagiques d'immenses dépôts très peu fossilifères; quelquefois cependant on y rencontre d'immenses nappes de polypiers spongieux qui s'étendent sur des espaces assez vastes. Ces polypiers spongieux se montrent surtout dans l'Argovie, les départements du Jura et de l'Ain. Comme ils ont été observés d'abord dans le canton d'Argovie par M. Gressly, je désigne ce groupe de l'oxfordien sous le nom d'*Argovien*. Les fossiles les plus caractéristiques sont : *Ammonites anceps* Rein.; *Gryphæa dilatata* Sow., *gigantea* Sow.; *Pecten fibrosus* Sow.; *Terebratula globata* Sow., *insignis* Ziet.; *Trigonia clavellata* Sow., *perlata* Agas., *parvula* Agas.; *Gonyomya sulcata* Agas.; *Pholadomya exaltata*, *parvicostata*, *cardissoides* et *ampla* Agas.; *Dysaster propinquus* Agas.; *Scyphia*, *Tragos* et *Cnemidium*, etc. L'étage oxfordien présente les plus grandes analogies avec le lias, et indique une même série de phénomènes dans le mode de formation et dans les êtres organisés qui habitaient l'océan jurassique lors de ces deux dépôts. Les faunes sont tellement semblables qu'il faut souvent l'œil exercé d'un anatomiste pour distinguer les espèces de ces étages. On remarque que dans l'oxfordien les Céphalopodes diminuent beaucoup, quoique cependant ils dominent encore sur les autres fossiles; de sorte que l'on peut regarder l'oxfordien comme la décadence du règne des Céphalopodes et le règne des Térébratules jurassiques.

L'étage oolitique supérieur commence immédiatement à l'apparition des Polypiers pierreux, des Échinides et des Crinoïdes, qui constituent le groupe corallien. Ce groupe présente dans un grand nombre de localités, surtout dans le département de la

Haute-Saône, des accidents éboulés, comme cela arrive ordinairement aux alentours des grands bancs de Polypiers. La faune corallienne se compose d'un immense développement de Zoophytes, avec absence presque complète de Céphalopodes. La distribution des espèces varie beaucoup : ainsi, dans certaines localités, vous trouvez d'énormes bancs de Polypiers avec très peu de Crinoïdes et d'Échinides ; tandis que dans d'autres ce sont ces deux derniers genres de zoophytes qui dominent. Les fossiles les plus caractéristiques sont : *Ostrea eduliformis* Ziet., *rostellaris* Goldf. ; *Diadema subangulare* Agas. ; *Hemicidaris crenularis* Agas. ; *Cidaris Blumenbachii* Agas., *coronata* Goldf., *crucifera*, *pustilifera*, *cervicalis* Agas. ; *Echinus perlatus* Desmar. ; *Glypticus hieroglyphicus* Agas. ; *Apicrinus rotundus* Miller ; *Millericrinus rosaceus* d'Orb. ; *Pentacrinus scalaris* Goldf. ; *Astrea decemradiata subtubulosa* Thurm. ; *Agaricia fallax*, *confusa*, *concinna* et *Gresslyi* Thurm. ; *Anthophyllum variabile* Thurm., etc. Au-dessus des dernières assises coralliennes se trouvent des marnes grises, connues sous le nom de *marnes à Astartes*. Le groupe qui constitue les marnes et calcaires à Astartes présente un des phénomènes les plus remarquables de migration de fossiles. Lorsque l'on étudie la partie du Jura comprise entre Salins et Besançon, on est frappé de rencontrer dans les deux couches des marnes à Astartes et kimmériennes des fossiles parfaitement identiques, qui semblent venir infirmer ce principe admis par les paléontologues, que dans une même localité on ne trouve jamais de fossiles identiques dans deux groupes différents. Mais lorsqu'on étudie avec attention l'arrangement de ces fossiles dans les couches respectives, et qu'on poursuit les groupes jusque dans le Jura bernois et soleurois, on s'aperçoit bientôt que ces fossiles, que l'on retrouve dans le kimmérien de Salins et de Besançon, ont été amenés par des charriages des régions environnantes de Porrentruy et de Lanfon, où ils ont vécu pendant l'époque kimmérienne ; tandis que lors du dépôt des Astartes ils n'étaient pas encore arrivés dans ces régions bernoises et soleuroises, où on ne les rencontre pas. De sorte que pour plusieurs espèces, telles que l'*Ostrea Bruntrutana* Thurm. ; *Lucina Elsgandiae* Thurm. ; *Coryuia inflata* Agas. ; *Trigonia supajurensis* Agas. ; *Rostellaria Wagneri* Thurm., etc..., une migration s'est opérée de l'époque des Astartes à l'époque kimmérienne ; elles ont passé du Jura salinois et bisontin dans le Jura bernois et soleurois, d'où, par suite de charriage (comme on peut l'observer par l'usure des fossiles et la manière dont ils sont arrangés pêle-mêle), elles ont été ramenées dans les mêmes régions où elles avaient vécu une période auparavant. De sorte que s'il

est vrai de dire que jamais dans une même localité on ne trouve de fossiles identiques dans deux groupes différents, on voit avec quelle prudence il faut ne pas trop se hâter de généraliser ce principe sur un trop grand espace, puisqu'ici il ne peut plus se vérifier sur une étendue de 25 lieues. Les Astartes étant un fossile très petit, et qui ne se trouve que dans une seule couche du groupe, il vaut mieux désigner ce groupe sous le nom de *séquanien*, nom que lui donne depuis plusieurs années M. Thurmann, et que j'adopte d'autant plus volontiers, qu'il rappelle le phénomène de migration qui s'opère précisément dans la partie des monts Jura qui portait jadis le nom de *Séquanie*. Les fossiles caractéristiques du groupe séquanien sont : *Melania striata* Sow. ; *Natica macrostoma* Röm. ; *Rostellaria Wagneri* Thurm. ; *Ostrea solitaria* Sow. ; *Ostrea sandalina* Goldf. ; *Ostrea sequana* et *Bruntrutana* Thurm. ; *Mytilus jurensis* Mer. ; *Mytilus pectinatus* Sow. ; *Ceromya inflata* Agas. ; *Astarte minina* Phill. ; *Trigonia picta* Agas. ; *Cidaris aspera* Agas. ; *Diadema pseudo-diadema* Agas. ; *Apiocrinus Meriani* Desor. ; *Lithodendron rauracum* et *magnum* Thurm., etc... La faune séquanienne peut être regardée comme faune de transition entre celles du corallien et du portlandien.

Le groupe portlandien se compose de deux sous-groupes, qui sont : les marnes et calcaires kimmériens, et les marnes à *Exogyres* virgules et calcaire portlandien proprement dit. Le kimmérien ne présente dans le Jura salinois que des fossiles roulés et usés ; pour l'étudier avec détail, il faut aller au Bonné, près Porrentruy, et aux environs de Lanfon ; ces localités sont devenues classiques depuis les excellentes descriptions qu'en ont données MM. Thurmann et Gressly. Les fossiles les plus caractéristiques sont : *Pterocerus Oceani* Brong. ; *Natica hemispherica* Röm. ; *Ostrea solitaria* Sow. ; *Ceromya excentrica* Agas. ; *Pholadomya Protei*, *multicostata*, *truncata* et *myacina* Agas. ; *Homomya hortulana* Agas. ; *Arcomya helvetica* et *gracilis* Agas. ; *Corimya Studeri* Agas. ; *Avicula Gesneri* Thurm. ; *Perna plana* Thurm., etc. Les marnes à *Exogyres* virgules ne se rencontrent que très rarement dans le Jura suisse, tandis qu'on les trouve assez développées dans les départements de la Haute-Saône, du Doubs et du Jura ; elles ne contiennent guère que l'*Exogyra virgula* Def., et quelques autres Acéphales assez rares. Les calcaires portlandiens qui se trouvent au-dessus ne présentent qu'un énorme développement de Nérinées. Ces gastéropodes se trouvent surtout très répandus dans les départements du Jura et de l'Ain ; les plus caractéristiques sont : *Nerinea trinodosa* Voltz ; *N. salinensis* Thurm. ; *N. grandis* Voltz ;

N. suprajurensis Voltz, etc... De sorte que l'on peut regarder le groupe kimmérien comme le règne des Acéphales jurassiques des monts Jura, et le groupe portlandien comme celui des Gastéropodes. Le tableau suivant présente le résumé des groupes et sous-groupes des différents étages du terrain jurassique, tels que je les ai observés dans les monts Jura. Je ne prétends pas vouloir étendre aux autres parties de la France ces divisions du terrain jurassique; n'ayant encore étudié que les chaînes des monts Jura, je borne mes divisions à ces montagnes; car il est même probable qu'elles ne s'appliquent pas au terrain jurassique des autres parties de l'Europe; plus tard, je montrerai la corrélation qui existe entre le terrain de ces différentes contrées et celui de notre Jura.

Tableau des différents étages, groupes et sous-groupes qui composent le terrain jurassique dans le Jura salinois.

Étage oolitique supérieur. Dépôt calcaire.	Groupe portlandien	Calcaire portlandien. . .	Règne des Gastéropodes.	
		Marnes à exogyres virgules		
		Groupe séquanien	Calcaire kimmérien. . .	Règne des Acéphales.
			Marnes kimmériennes	
Groupe corallien	Oolite corallienne. . .	Période de transition entre le règne des Zoophytes et celui des Acéphales.		
	Calcaire corallien. . .		Règne des Zoophytes.	
Étage oxfordien. Dépôt vaseux.	Argovien.	Polypiers spongieux. . .	Décadence du règne des Céphalopodes et règne des Térébratules.	
	Marnes oxfordiennes.			
	Fer oolitique sous-oxfordien.			
Étage oolitique inférieur. Dépôt calcaire.	Cornbrash	Grand développement de Pecten, et période ascendante des Radiaires.	Apparition des Zoophytes, et période de transition des Céphalopodes.	
	Forest-marble et Great-oolite.			
	Marnes vésuliennes.	Règne des Clypeastroïdes, et grand développement d' <i>Ostrea</i> , <i>Terebratula</i> et <i>Mya</i>		
	Calcaire à Polypiers, ...	Commencement du règne des Zoophytes.		
Calcaire lœdonien				
Oolite ferrugineuse	Règne des Tentaculifères de grande taille. Apparition des Zoophytes.			
	Lias supérieur.	Grès superliasique. . .	Règne des Ammonites de petite taille et des Acéphales liasiques.	
Lias moyen.	Marnes à <i>Trochus</i> . .			
	Schiste bitumineux. . .			
	Lias inférieur, ou calcaire à Gryphites.	Marnes à Plicatules. . .	Règne des Bélemnites et apparition des Ammonites de petite taille	
Marnes à <i>Am. Margaritatus</i>				
Calcaire à Bélemnites. . .				
Marnes à Cymbites . .				
Lias inférieur, ou calcaire à Gryphites.	Commencement du règne des Tentaculifères de grande taille.			

M. Boubée demande si M. Marcou s'est fait une idée sur la

cause qui a fait changer les fossiles en passant d'une couche à l'autre dans la même formation.

Il croit voir dans ce fait une confirmation de ce qu'il a déjà établi dans son *Tableau figuratif de la structure minérale du globe*, dès 1839, « que dans chaque groupe ou étage géologique des terrains de sédiment il y a eu très souvent formation simultanée de plusieurs couches très différentes, et en parfaite stratification et superposition ;

» Que les alluvions sans cesse charriées à la mer, qui tendent toujours à la combler, et qui, en effet, en reculent sans cesse le rivage, sont distribuées par le mouvement des eaux à des niveaux différents, selon leur nature, et forment ainsi à la fois plusieurs couches très différentes, qui se superposent naturellement en continuant à s'étendre peu à peu, chacune à son niveau respectif, et qui sont toutes évidemment contemporaines ;

» Qu'à chacun de ces étages, ce que savent très bien les habitants des côtes, vivent des espèces toutes différentes, précisément en raison de la nature différente du sol et des conditions différentes de pression, de lumière, etc., selon la profondeur ;

» Qu'ainsi la plupart des couches stratifiées se forment et se continuent en devenant de plus en plus étendues horizontalement, et non de plus en plus épaisses en hauteur, comme on le pensait, et que, dans beaucoup de cas, plusieurs couches parfaitement stratifiées et superposées n'en sont pas moins contemporaines, et qu'alors les couches supérieures sont tout aussi anciennes que les couches inférieures ;

» Et qu'ainsi les fossiles ne doivent pas être les mêmes dans toutes ces couches, quoiqu'elles soient contemporaines, mais qu'ils doivent varier, au contraire, de l'une à l'autre, en raison de la nature minérale de chaque couche et de la profondeur à laquelle elle se formait dans la mer, et sans que l'on puisse de là conclure aucune différence d'âge. »

M. Boubée fait remarquer que tout le Mémoire de M. Marcou semble une confirmation de sa théorie, tout comme cette théorie est la seule qui lui paraisse pouvoir expliquer les circonstances si curieuses relevées avec tant de soin dans le Jura salinois.

M. Élie de Beaumont demande si, à Flanchebouche, la grande Nérinée et la Gryphée virgule existent ensemble, si les Gryphées virgules ne se trouvent jamais dans les hautes cimes.

M. Marcou répond affirmativement.

M. Le Blanc présente les considérations suivantes :

La communication de M. d'Omalius d'Halloy sur l'article de M. Élie de Beaumont, relatif aux liti de Venise, dans ses *Leçons de géologie pratique*, m'a fait étudier de nouveau le sol de Venise, en vue d'examiner les chances de réussite, dans cette ville, d'un puits artésien entrepris par M. Degousée, notre collègue.

Quand on examine un cône de déjection de torrent se rendant dans un lac, on voit que, pour la partie hors de l'eau, les galets entraînés par les eaux du torrent se roulent par couches, dont la pente est de 1/10 au plus, tandis que dans le lac, où la vitesse de l'eau a été arrêtée subitement, la pente passe immédiatement à 35°.

Si l'on se représente les causes du diluvium coulant dans la vallée du Pô, et remplissant la mer, prolongement de l'Adriatique, qui se trouvait entre les Alpes et l'Apennin, on conclura que les cailloux roulés doivent affecter, à l'extrémité de la vallée du Pô, la pente roide de 35°. Si cette pente commence à l'ouest d'Adria et de Ravenne, ancienne limite de la lagune, il sera peu probable qu'elle s'étende jusque sous Venise; effectivement, il y a des trous de 150 pieds dans la lagune où l'on ne rencontre pas de cailloux roulés. Il résulte de là que la lagune est remblayée en sable et en vase, qu'on n'a pas de chance de trouver les galets, et par conséquent peu de chance de trouver l'eau abondante au-dessus des terrains tertiaires, et que ce n'est que dans ce terrain qu'on peut espérer de le faire.

M. Boubée montre des concrétions déposées depuis trente-cinq ans sur les tuyaux en plomb des conduites d'eau du quartier du Luxembourg. Il fait observer la cristallisation de plus en plus confuse à mesure que le dépôt s'éloigne du tuyau, et il voit là quelque chose d'analogue à ce qui a dû se passer sur la terre dans les dépôts successifs, ce qui peut servir à expliquer leur structure.

M. Delbos fait la communication suivante :

Les phénomènes du monde externe qui s'offrent à l'homme at-

tirent son attention, soit parce qu'ils compromettent sa sécurité, soit parce qu'ils intéressent son bien-être, soit enfin parce qu'ils éveillent en lui cette ardeur de savoir, qui semble une condition essentielle de sa nature. C'est sous l'influence de ces trois causes qu'il est conduit à l'observation des faits. Ces faits, il les étudie donc pour prévenir le danger, pour se procurer les choses qui lui sont utiles, ou enfin pour satisfaire ce besoin inné qui le porte sans cesse à diriger ses pensées vers les causes premières de son existence et de celle de tous les êtres qui l'environnent.

Ainsi l'homme, spectateur de l'univers, est conduit à l'observer. Lorsqu'il a recueilli un certain nombre de faits, lorsqu'il les a envisagés sous leurs points de vue divers, il les rapproche les uns des autres, les compare, et saisit les rapports qui les unissent ou les différences qui les distinguent. Il les groupe au moyen des similitudes qu'il remarque entre eux, et les coordonne d'après la corrélation de leurs caractères. Quand, par ce moyen de première classification, il est parvenu à jeter quelque lumière sur le vaste ensemble qu'ils constituent, sa raison le porte à rechercher leurs causes, à remonter à leur origine, but vers lequel l'homme intellectuel est providentiellement appelé à diriger tous ses efforts.

Ici naissent les sciences. Elles sont peu nombreuses dans l'origine. L'esprit, n'envisageant les faits qu'en masse, ne s'attache premièrement qu'à leurs rapports les plus généraux. Il n'a pas encore poussé l'analyse assez loin pour apercevoir les différences, quelquefois difficiles à saisir, qui les rangent en familles très distinctes. Il croit pouvoir les rapporter tous à quelques spéculations formées prématurément, à quelques principes dont il s'imagine les faire sous-dériver. Plus tard, cependant, en cherchant à les renfermer dans le plus petit nombre de classes possible, il s'aperçoit qu'il a rapproché des faits qui se trouvaient réellement éloignés les uns des autres. Il est obligé de pousser plus loin la division, et de se borner à un cadre plus restreint : c'est ainsi qu'au moyen des différences qu'il découvre à mesure qu'il acquiert des notions plus exactes et plus variées, il subdivise les sciences primitives et resserre le cercle de ses études pour arriver à une connaissance plus parfaite de la classe à laquelle il s'attache. C'est en suivant cette marche que les sciences tendent à se subdiviser à mesure qu'elles parviennent à un plus haut degré de perfection.

Ainsi c'est de l'étude de la nature que sont parties toutes les sciences. De cette communauté d'origine résulte leur fusion pri-

mitive, de même que les relations qui les unissent, quel que soit le nombre des ramifications dans lesquelles on les subdivise.

En effet, les êtres qui peuplent l'univers se lient entre eux par des nuances si délicates, qu'elles échappent en grande partie à nos sens. Ces êtres forment un ensemble dans lequel il n'y a rien de brusque, rien de tranché. Tout y est fondu par gradations insensibles, tout nous y révèle les deux grands caractères des œuvres de la nature : unité sans uniformité, liaison intime sans confusion.

Les sciences, qui n'ont d'autre but que la connaissance des produits de la nature et des rapports qui les unissent, doivent donc offrir un tout aussi intimement lié que ces produits. Elles sont attachées les unes aux autres par des nœuds indissolubles. Isolées, elles ne sauraient exister ; car elles se prêtent un mutuel appui, et c'est de cet appui que résulte leur plus grande certitude.

Mais l'ensemble qu'elles forment maintenant ne ressemble en rien à leur confusion primitive. Elles n'en constituent pas moins un tout, elles n'en sont pas moins unies entre elles. Si elles se subdivisent, ce n'est que pour mieux approfondir les objets divers de leurs études.

Entre toutes les sciences physiques, il en est qui se développent d'abord avec une grande rapidité, à cause de l'importance de leurs résultats et de la grandeur des problèmes qu'elles semblaient appelées à résoudre. Je veux parler de l'astronomie et de la géologie. Toutes deux présentaient des phénomènes qui devaient fixer l'attention des hommes par leur grandeur. Toutes deux paraissaient pouvoir fournir les notions nécessaires pour expliquer les grandes questions de l'origine, de l'ordre et de la durée de l'univers : aussi l'activité intellectuelle des hommes se porta-t-elle principalement vers leur étude. Toutes les nations eurent leurs systèmes astronomiques et géologiques ; toutes eurent leurs théories cosmologiques et cosmogoniques.

L'astronomie et la géologie se développèrent d'abord avec une vitesse égale ; mais bientôt la première science laissa loin derrière elle la seconde. A chaque instant, de nouvelles découvertes venaient agrandir le champ de ses études, de nouvelles preuves venaient confirmer les conclusions déjà tirées. Si elle ne parvint pas à un plus haut degré de perfection que celui auquel elle atteignit dans l'antiquité, le manque d'instruments suffisamment exacts en fut seul la cause.

D'où provient donc cette inégalité ?

Le premier obstacle qui vint arrêter les progrès de la géologie

fut la superstition. Les découvertes faites précédemment furent considérées comme des inspirations divines, et l'on regarda comme une impiété de chercher à les approfondir. Ces découvertes, réunies en faisceaux, formèrent la base des livres sacrés des anciens peuples de l'Orient; elles furent pour eux le terme de la science, et elles se transmirent aux générations suivantes sans qu'aucune tentative fût faite pour agrandir le cercle qu'elles embrassaient.

Cet obstacle au progrès se retrouve chez presque tous les anciens peuples de l'Orient, et en général dans toutes les nations chez lesquelles des castes privilégiées, possédant à elles seules le monopole des sciences, étouffèrent chez le peuple toute recherche tendant à répandre les connaissances au moyen desquelles ces castes prétendaient le dominer.

L'influence de cette cause s'étendit jusque sur l'astronomie, principalement sur sa partie théorique. Néanmoins, cette science continua à se développer, à cause de ses nombreuses applications aux usages de la vie, telles que la division du temps, les indications nécessaires à l'agriculture, à la navigation.

Mais elle n'eut qu'une faible influence chez quelques nations anciennes, notamment chez les Grecs, les Romains et la plupart des États du moyen-âge. Ici, le peu de progrès de la géologie est dû à des circonstances d'un ordre tout différent.

C'est d'abord une généralisation trop prompte. La plupart des anciens philosophes, voulant arriver trop tôt aux vérités générales, ne s'appuyèrent, pour fonder leurs systèmes, que sur des expériences tout-à-fait exclusives. C'est ainsi que Thalès regarda l'eau comme l'élément générateur. Cet élément fut l'eau pour Anaximène; le feu pour Héraclite, etc.

Viennent ensuite les erreurs accréditées, les erreurs d'école. On voulut tout expliquer *à priori*, en s'appuyant sur les principes admis, sur les observations déjà faites, sans chercher d'abord à prouver la certitude des propositions dont on se servait comme point de départ. C'est l'histoire des écoles philosophiques de la Grèce.

Mais lorsque la géologie vint à être étudiée séparément et retranchée du vaste corps de la *philosophie naturelle*, on crut qu'elle pouvait se passer de l'appui des autres sciences, qu'elle devait renfermer ses preuves en elle-même. Cette marche était vicieuse. Personne, a dit Bacon, ne recherche avec succès la nature de la chose dans la chose même; mais les recherches doivent s'étendre à des objets plus généraux. Le XVIII^e siècle nous offre des exemples nombreux de cette vérité dans les systèmes de Burnou, Demaillet, Patrin et beaucoup d'autres.

Cependant, malgré les obstacles qui entravèrent la marche des sciences chez les anciens, nous sommes surpris de rencontrer chez eux des théories lumineuses, des résultats qui semblent prouver des recherches profondes et consciencieuses, et qui annoncent tout un corps de doctrines scientifiques arrivées à un haut degré de perfection.

Prenons pour exemple l'Orient, point de départ de la civilisation, berceau de toutes les connaissances humaines. Parmi les nations qui habitent ces vastes et fertiles contrées, les Hindous viennent se placer au premier rang. Ils semblent avoir formé le point central d'où émanèrent toutes les doctrines des anciens peuples, et leur immobilité nous autorise à chercher chez eux les premières notions de la philosophie naturelle, notions qui devaient se trouver, dans l'origine, étroitement liées avec la nature du pays qu'ils habitaient, mais dont les déductions théoriques seules nous ont été conservées dans les livres sacrés.

« La théologie des Hindous consacre les destructions successives que la surface du globe a éprouvées. » L'Éternel crée les quatre corps élémentaires, le feu, l'air, l'eau et la terre. Il sépare ces éléments mêlés ensemble, et forme la voûte du firmament en soufflant sur les eaux. De la terre et de l'humidité que les eaux laissent en forme de sédiment, il forme le globe terrestre, qu'il place au centre du firmament. Puis il couvre la terre de plantes, et enfin envoie *Mun*, l'intelligence, qui la peuple de plantes et d'animaux. L'homme est créé en dernier lieu.

Le globe subit quatre grandes révolutions. Le premier *jug*, ou âge, nommé Kurlayn, fut terminé par une irruption des eaux de la mer; le deuxième, Desaper, par une tempête; le troisième, Tetraju, par un tremblement de terre; enfin le quatrième, Koli, qui dure encore, sera terminé par le feu et par la dissolution des éléments, qui retourneront dans leur premier chaos. Ces quatre jug forment une durée de 4,320,000 ans.

D'après le Shaster Bedang, cette dissolution des éléments par le feu sera causée par une comète. La matière sera alors anéantie, et Dieu existera seul.

D'après le Néadiroen Shaster, le monde est éternel. Il est sujet à des dissolutions successives ou à des renouvellements à des époques déterminées. Chaque jug sera terminé par une dissolution. Après mille de ces dissolutions, arrivera un *Mapperly*, ou dissolution générale, après laquelle une nouvelle création viendra remplacer la première.

Est-il nécessaire de faire remarquer ici l'analogie de quelques

unes de ces idées avec les principes reconnus par la géologie moderne? La confusion des éléments, admise dans la théorie des nébuleuses de Laplace; la création des végétaux précédant celle des animaux, et cette dernière celle de l'homme; l'intervention d'une comète, idée admise par Buffon et Laplace, et renouvelée dernièrement dans un ouvrage d'une haute portée; cette succession de périodes de calme terminées par de grands cataclysmes; le rôle que joue le feu dans la rénovation des périodes, base de la théorie qui réunit aujourd'hui le plus de partisans, ce chiffre de plus de quatre millions d'années doit-il nous effrayer auprès de l'immensité des durées que nous révèle l'étude des terrains? Enfin ne serait-il pas trop hardi de remarquer la conformité de la division en quatre époques avec la classification des terrains établie par Werner?

Si nous passons maintenant aux Persans, dont l'antiquité semble venir se ranger après celle des Hindous, nous trouvons dans les livres de Zoroastre une plus large part accordée à l'action du feu : c'est qu'ici le voisinage des volcans avait fait connaître la puissante influence du feu dans les modifications de la surface du globe. En général, nous voyons une relation remarquable entre le plus ou moins grand éloignement des volcans ou de la mer, et la prédominance accordée dans les cosmogonies de l'Orient aux phénomènes ignés ou aux phénomènes aqueux.

Selon le Zend-Avesta, l'Éternel, Zervane, a donné naissance à Ormuzel, le bon principe; à Mithras, le grand médiateur, et à Ahriman, le mauvais principe. C'est Mithras qui organise la matière. La lutte d'Ormuzel et de Mithras contre Ahriman doit durer 12,000 années, après lesquelles finira le monde. Ces 12,000 ans sont divisés en douze périodes bien distinctes.

Ce nombre de 12,000 années offre une particularité bien remarquable : c'est que, multiplié par 360, nombre des divisions du zodiaque le plus ancien, il donne 4,320,000 ans, période des Hindous. Cela nous atteste une communauté de point de départ qui cessera de nous étonner si nous considérons ces durées comme des périodes astronomiques formées par la coïncidence de certains cycles, tels que les cycles lunaires et ceux de la précession des équinoxes. La cosmogonie des Persans paraît donc être partie des mêmes bases que celle des Hindous; mais elle se trouva modifiée par la nature du pays où elle se développa. La division du temps en un plus grand nombre d'années semble même y indiquer plus de précision et une étude plus approfondie de la nature.

La Chine fut peuplée par des colonies hindoues avant d'être

conquise par les Tartares : ainsi nous devons y retrouver des points de rapport nombreux avec la religion des Brahmes, quoiqu'ils se soient effacés en partie sous l'influence des conquérants mongols. Nous y retrouvons un sous-multiple de la période hindoue dans la durée du règne des premiers hommes, 432,000 ans.

L'air, *Tai-ki*, a produit, par la succession du mouvement et du repos, les cinq éléments, l'eau, le feu, le bois, le métal et la terre. *Tai-ki* a engendré deux images, l'*Yang* et l'*Yn*, opposées l'une à l'autre, qui représentent le ciel et la terre, le principe mâle et le principe femelle. La durée de l'organisation de la matière comprendra onze périodes, chacune de 129,600 ans. Douze de ces périodes forment une révolution. La douzième sera employée à un nouveau débrouillement du chaos, après quoi une nouvelle révolution commencera. L'homme, Pan-kou, fut créé à la troisième période.

Telles sont les bases de la cosmogonie chinoise. Tay-ki, l'air primitif, est le mélange de tous les éléments. C'est le chaos d'où le mouvement a fait sortir les cinq principes. Voilà le système de la raréfaction originaire des corps, de nos jours si savamment développé par Laplace. L'*Yang* et l'*Yn*, les deux forces opposées, symbolisent la matière et la force d'organisation. Les douze périodes successives représentent une division du temps analogue à celle admise par le Zend-Avesta. Enfin, un autre fait se trouve d'accord avec l'observation, c'est la création de l'homme à la troisième période seulement.

Ne demandons pas aux Chinois les hautes théories de la philosophie hindoue. Leur religion n'est qu'une morale politique qui éloigne leur activité intellectuelle de toute recherche sur l'origine des choses, pour la reporter sur le temps présent. Ainsi, ce peuple ne considéra pas les éléments comme la représentation des divers états du corps; il les prit pour des corps-principes qui, par leur arrangement varié, produisirent tous les objets du monde. Le métal ne fut plus seulement un corps solide, ce fut une substance différente de la terre. Le bois représenta la matière organisée, et quant à la création des êtres, ce sujet semble resté étranger à toute leur cosmogonie.

Si nous nous transportons de la Chine à l'autre extrémité de l'Asie, nous trouvons l'industrielle Phénicie, un des peuples les plus florissants de l'ancien monde; la nation qui l'habite, resserrée par les montagnes et les déserts d'un côté, a pris la mer pour partage. Ses flottes et ses caravanes parcourent la plus grande partie du monde connu. Elle a puisé ses connaissances ailleurs que dans le

pays où elle s'est établie, et nous devons en trouver les preuves dans sa cosmogonie. En effet, ses philosophes, purement matérialistes, attribuent dans la création un rôle à peu près égal à chaque élément, et nous devons en rapporter les motifs à la multiplicité des observations faites sur la plupart des phénomènes physiques que présente le monde.

L'air, est comme pour les Chinois, leur matière principe. Cet air, obscur et ténébreux, renfermait en lui les principes de toutes choses. L'amour, ou l'attraction, se développa par la suite des siècles, entre les éléments, et il en résulta un limon, mot dans lequel se formèrent les germes de tous les êtres, en même temps que tous les astres parurent dans le ciel. Puis l'air s'embrasa tout entier, et de l'incendie de la terre et des eaux, résultèrent les vents, les nuages, les pluies, la foudre. Ce fut alors que ces germes déposés par le limon primitif, réchauffés par la chaleur, excités par l'ébranlement de l'univers, commencèrent à se développer. Tout le reste n'est plus que l'histoire des premiers pas de l'humanité sur la terre.

Je ne reviendrai pas sur la doctrine de l'air primitif. Cependant je ferai remarquer le rôle attribué aux affinités entre les divers principes, la commune origine de tous les corps célestes; l'embrassement de la terre, la première apparition des êtres longtemps après la formation du monde. Voilà des principes encore admis de nos jours. Cependant, si quelques parties de ce système nous présentent des théories d'un ordre élevé, d'autres nous attestent des inductions moins rigoureuses que celles des systèmes que nous avons déjà examinés : telle est la naissance des êtres organisés immédiatement après l'incandescence de l'univers, leur développement simultané, l'absence de divisions dans le temps.

Les Égyptiens croyaient à un chaos primitif, à une organisation successive de la matière. C'est ce qu'ils représentaient par la descendance des dieux : ils plaçaient à leur tête un dieu sans nom et sans figure, principe de toutes choses. Après lui venaient Keuf, le créateur; la matière, le chaos; Phla, l'organisateur; Pan, Biris, le soleil, et Isis, la lune.

Cette liste nous offre une progression telle que nous la comprenons dans la création. La position topographique du pays qu'habitaient les Égyptiens nous dit qu'ils durent rapporter à l'eau l'origine du monde et la cause des événements qui y apportent des modifications. C'est, en effet, ce qui nous prouve leur croyance aux eaux supérieures (Abym), à la création des germes par l'humidité, etc.

Telles sont les doctrines fondamentales des principales cosmogonies des anciens peuples de l'Orient. L'histoire de la science nous représente les peuples travaillant en corps, s'instruisant en corps, mettant de côté toute individualité pour obéir en quelque sorte à une loi de progrès. En Occident, au contraire, les sciences ne durent leur avancement qu'aux recherches d'hommes spéciaux, ayant leurs systèmes à part, chefs d'écoles souvent rivales, s'instruisant par la discussion. Nous avons de l'Orient les opinions des peuples, de l'Occident celles des individus.

La Grèce surtout nous offre des travaux dans lesquels sont consignées des vérités que l'on n'a malheureusement que trop oubliées. C'est que l'antiquité est trop négligée sous le rapport de ces connaissances scientifiques. Elle ne renferme pas de systèmes plus extravagants que ceux des géologues du XVIII^e siècle; or, en revanche, elle contient des notions dignes d'être placées à côté des sévères généralisations de la science moderne.

Maintenant, depuis que Bacon et Descartes ont ramené la vraie méthode, la science ne s'appuie plus que sur des données positives. Saussure et Werner ont posé les fondements de la géologie positive. Cuvier l'a fait parvenir tout-à-coup à une hauteur étonnante en lui appliquant l'étude de la zoologie; et maintenant, les beaux travaux de nos géologues modernes la font marcher avec une rapidité dont l'histoire d'aucune science ne nous offrit jamais le spectacle.

Le Secrétaire donne lecture de la lettre suivante de M. Leymerie.

Monsieur le Président,

Je me conforme à un usage établi en vous adressant pour le *Bulletin* la note ci-jointe. J'ai cherché à y donner d'une manière extrêmement succincte une idée générale de ma *Statistique géologique et minéralogique de l'Aube*, dont j'ai l'honneur de vous adresser un exemplaire pour la bibliothèque de la Société géologique.

Cet ouvrage se compose d'un volume de *texte* et d'un *atlas*.

Le texte se divise lui-même en trois parties, savoir : *Introduction*, *Statistique générale*, *Statistique locale*.

L'*Introduction* est destinée à vulgariser dans le département de l'Aube les principes fondamentaux de la géologie, et à rendre notre ouvrage facilement intelligible pour toute personne ayant reçu simplement l'instruction ordinaire.

La *Statistique générale* offre deux ordres de généralités , savoir :

1^o Un coup d'œil d'ensemble sur le département ;

2^o La description des cinq genres de terrains qui le composent.

Et chacune de ces deux divisions présente , outre la partie purement géognostique , toutes les notions qui peuvent dépendre de la nature du sol , notions qui se rapportent à la *topographie* , à la considération des *eaux superficielles* ou des *eaux souterraines* , aux *exploitations* et à l'*industrie minérale* , à la nature des matières employées pour les *constructions* et pour l'*entretien des chemins* , enfin à l'*agriculture*.

Nous nous bornerons à analyser d'une manière très rapide la partie géognostique.

A. *Terrains de l'époque actuelle*. Terre végétale , détritiques , alluvions , tourbe.

B. *Terrains diluviens*. Ils occupent trois gisements principaux , qui paraissent actuellement bien distincts et qui correspondent à trois vallées , celle de la *Seine* , de l'*Aube* et de l'*Armanche*.

Les caractères diluviens ne commencent à se montrer d'une manière prononcée , lorsqu'on suit ces vallées en partant de leur origine , qu'à une distance assez considérable , et en des points correspondant à de grands élargissements ou bassins (bassin de Troyes , plaine de Brienne , plaine d'Ervy). En ces points , le diluvium offre lui-même une grande extension dans le sens horizontal (maximum 4 lieues) et aussi dans le sens vertical (maximum 60 mètres au-dessus du niveau ordinaire des eaux des vallées) , extension qui dépasse considérablement celle que pourraient prendre les rivières actuelles , en supposant même des crues tout-à-fait extraordinaires. Ces terrains diluviens sont tous trois composés de gravier principalement jurassique , associé ou mêlé à une terre limoneuse jaunâtre ou rougeâtre , argilo-calcaire , et un peu ferrugineuse , comparable au *lehm* de l'Alsace , laquelle , dans les points où elle est bien développée , occupe ordinairement la partie supérieure.

La puissance moyenne de ce dépôt est entre 10 et 15 mètres. On trouve des coquilles terrestres et d'eau douce dans la partie limoneuse , et des dents d'Éléphants , des bois de Cerfs , etc. , dans le gravier.

La difficulté de séparer sur la carte les alluvions anciennes des alluvions modernes nous a déterminé à les représenter les unes et les autres par la même couleur , le *bistre clair*.

C. *Terrains tertiaires*. Le plateau de la Brie est limité du côté de l'E. par un escarpement ou falaise qui permet d'étudier facile-

ment les couches dont il est composé dans cette partie. Cette limite entame légèrement, au N., le département de l'Aube, qui contient par conséquent un segment du plateau, circonstance qui nous oblige à nous en occuper.

La falaise dont nous venons de parler montre là quatre éléments principaux, savoir : à la base, une assise qu'il faut rapporter à l'argile plastique parisienne (teinte *vermillon* sur la carte), et qui offre des argiles souvent ferrugineuses, associées à des sables quartzeux et à des grès durs, le tout reposant, en certains points, sur un dépôt de galets ovoïdes, de couleur sombre à la surface. Au-dessus vient un calcaire d'eau douce, blanc, dont certaines couches, moins compactes que les autres, sont pétries de *Lymnées*, de *Planorbes*, de *Paludines* et d'*Hélices*. L'assise qui paraît au-dessus de la précédente consiste en un limon rouge ferrugineux, contenant des blocs de meulières compactes, sans fossiles. Le calcaire et le limon à meulières sont représentés sur la carte par une seule couleur, le *bleu clair verdâtre*. Ils correspondent, le premier au calcaire de Saint-Ouen, qui appartient à la formation gypseuse, et le second aux meulières de la Ferté-sous-Jouarre.

Les terrains dont il vient d'être question constituent, dans l'Aube, l'étage inférieur du groupe tertiaire de MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy. Au-dessus, vient se montrer, en un seul point, à *Courtion*, où il forme une petite protubérance allongée, un grès blanc quartzeux, assez tendre (teinte du calcaire précédent, pointillée de *rouge*), qui se rapporte sans aucune difficulté au grès de Fontainebleau.

Il paraît que le terrain tertiaire de la Brie s'étendait autrefois bien plus loin vers l'E. qu'il ne le fait maintenant ; car on trouve sur le sommet de nos collines crayeuses les plus élevées des lambeaux d'argile et de sable, qui dépendent évidemment de la formation de l'argile plastique, et, de plus, les flancs de ces mêmes collines sont jonchés, dans l'ouest du département, de nombreux blocs de *grès sauvage*, qui offre tous les caractères de celui que nous avons pu étudier en place sous le calcaire lacustre. Ces lambeaux de sable et d'argile se montrent rarement à nu. Ils sont ordinairement recouverts d'un manteau de limon rouge, à silex non roulés, offrant assez fréquemment la forme intérieure d'Oursins et d'autres fossiles de la craie, qui de là vient s'étendre sur la partie occidentale la plus élevée du plateau crayeux, où il constitue notamment le sol de la forêt d'Othe. Nous considérons ce dépôt comme tertiaire, et nous lui avons affecté sur notre carte une cou-

leur spéciale, le *gris violacé*. MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy le rapportent à l'étage moyen.

Les couches du terrain tertiaire de l'Aube sont horizontales. Leur puissance totale peut être évaluée à 60 mètres.

D. *Terrain crétacé*. Notre Mémoire sur le terrain crétacé de l'Aube, et notre notice publiée dans le *Bulletin* (t. IX, pag. 381), nous dispensent d'analyser ici le chapitre de statistique relative à ce terrain ; partie que nous considérons cependant comme la plus importante de l'ouvrage. Nous nous contenterons de rappeler qu'il se divise tout naturellement en trois étages, savoir : en procédant de haut en bas : 1° la *craie proprement dite* (teinte *jaune claire*), dont nous avons distingué sur la carte la partie inférieure à ammonites, turrilites, etc..., par un pointillé *vert* ; 2° le *greensand* (teinte *verte*), qui se compose d'argile téguline (gault) et de sables avec grès souvent de couleur verte, offrant à sa base une mince assise (lower greensand), caractérisée principalement par l'*Exogyra sinuata* ; 3° le *terrain néocomien*, qui se trouve divisé sur notre carte en deux assises, l'une supérieure, principalement argileuse, indiquée par la couleur *rose*, et l'autre inférieure, principalement calcaire. Celle-ci, qui offre une assez faible puissance, est très riche en fossiles, dont les plus caractéristiques sont l'*Exogyra subsinuata*, et le *Spatangus retusus*. La carte la représente sous la forme d'un ruban étroit de couleur *orange*. L'assise argileuse offre elle-même une subdivision assez naturelle que nous avons fait ressortir dans notre texte. La partie supérieure, ou partie sableuse, est bariolée de couleurs vives et variées (*argile bigarrée*), et offre comme accident remarquable la présence d'un lit d'*oolite ferrugineuse* exploitée ; tandis que la partie inférieure se compose d'une argile de couleur claire et uniforme (*argile ostréenne*), avec dalles de lumachelles pétries de fossiles (*Ostrea Leymerii*, *Exogyra subplicata*...)

Ces trois étages correspondent presque exactement à la *craie*, au *greensand* et au *terrain wealdien* d'Angleterre. Leur puissance est de 350 mètres environ pour la *craie*, et de 150 mètres pour l'ensemble des deux autres étages.

E. *Terrain jurassique*. Nous n'avons dans l'Aube que l'étage supérieur du groupe jurassique et la partie corallienne du second. Les couches qui constituent ces étages sont presque exclusivement calcaires. On n'y rencontre ni sable ni grès, et les argiles y sont réduites à quelques minces assises, dont la plus importante se trouve généralement placée à la base du premier étage. L'étage supérieur peut être subdivisé en deux assises, dont la plus récente

est représentée par le calcaire compacte *portlandien* avec lumachelles et oolites subordonnées; c'est un terrain de haute mer, pauvre en fossiles. L'assise inférieure est constituée par les calcaires blancs - jaunâtres, *Kimmériens* à *Pholadomya donacina elongata*, *Pholadomya acuticosta*, etc., et par les argiles ou marnes *Kimmériennes* à *Exogyra virgula*, *Terebratula sella*. On trouve dans cette assise beaucoup de fossiles, identiques, pour la plupart, à ceux du Kimmeridge-clay d'Angleterre. Une seule couleur, le *bleu clair*, est affectée à cet étage sur notre carte. Nos calcaires *coralliens* comprennent : 1° le calcaire à *astartes* de M. Thirria, compacte et subcompacte partout, excepté dans sa partie supérieure, où il devient rocailleux et même bréchoïde. Les fossiles les plus habituels de cette partie sont deux petites térébratules lisses (*Terebratula subsella*, *T. carinata*). Ceux de la masse de l'assise sont l'*Astarte minima* et la *Trigonia subcostata*. (Teinte violet clair sur la carte). 2° Le calcaire blanc noduleux (*coral rag* proprement dit), riche en polypiers et caractérisé d'ailleurs par la *Nerinea Brunstrutana*, la *Terebratula corallina*, la *Pinna Sausurii*, etc. 3° Au-dessous viennent des calcaires compacts ordinairement blanchâtres, riches en térébratules, *Terebratula corallina*, *T. curvata*, associées à d'autres fossiles dont les plus importants sont : *Pholadomya parvula*, *Pholadomya parvicosta*, *Apiocrinites Royssii*. Les accidents principaux de cette dernière assise sont : un calcaire à entroques (gloire Dieu), et une lumachelle grossière (vannage), et des calcaires *léviques* exploités aux Riceys. Ces deux dernières assises sont teintées de *bleu foncé* sur la carte.

Puissance totale du terrain jurassique, 370 mètres.

Ces divers terrains n'occupent pas, à beaucoup près, la même étendue à la surface du département. Nous avons vu que le terrain tertiaire y jouait un rôle tout-à-fait accessoire. La craie, en revanche, s'y montre dans presque toute la moitié N.-O. Elle se trouve limitée, du côté des terrains plus anciens qui se développent au S.-E., par une falaise passant à peu près par le centre du département et dirigée du N.-E. au S.-O. A partir de cette ligne, les étages plus anciens viennent successivement affleurer sous forme de bandes parallèles à cette même direction, dans leur ordre d'ancienneté et à *niveaux croissants*. Le terrain crétacé, moyen et inférieur, d'une part, et le terrain jurassique, de l'autre, se partagent à peu près également la surface laissée disponible par la craie proprement dite.

La stratification des terrains de l'Aube paraît horizontale lorsqu'on n'en considère qu'une petite étendue; mais en les voyant un

peu en grand, on reconnaît de suite que ces couches plongent au N.-O. vers le centre du bassin parisien. Cette inclinaison, presque nulle pour le terrain tertiaire et la craie, devient de plus en plus sensible à mesure que l'on marche au S.-E. vers les couches les plus anciennes, où elle finit par s'élever à 1° environ.

La *Statistique locale* consiste dans la description des vingt-six cantons en lesquels se divise le département; et chaque description cantonale se compose elle-même, d'abord de généralités relatives à tout le canton, et ensuite de la description particulière de toutes les communes qui en dépendent. Ces descriptions, soit cantonales, soit communales, sont tout aussi complètes, relativement à l'ordre et à la nature des matières traitées, que celles qui constituent la statistique générale. La principale pièce de l'*Atlas* est la *carte géologique du département* réduite à l'échelle de $\frac{1}{200000}$ d'après la grande carte publiée par le dépôt de la guerre, avec un relief approprié. Les côtes d'altitude des points un peu remarquables s'y trouvent tracés, et tous les établissements d'industrie minérale y sont représentés par des signes conventionnels, ainsi que les lieux d'exploitation ayant quelque importance. Après la carte, viennent dix planches dont trois de coupes générales et particulières, et sept représentant les *fossiles habituels et caractéristiques* des terrains. Cette partie graphique de l'*Atlas* est précédée de trois tableaux. Dans le premier, se trouvent classés, et disposés de manière à être vus dans leur ensemble au premier coup d'œil, les principaux types des terrains sédimentaires du N. de l'Europe. Le second offre, sous une forme analogue, l'ensemble des terrains du département. Le troisième tableau se compose des noms des fossiles du département classés géologiquement et rapportés chacun à l'étage et à l'assise qui le renferment.

Le soin parfois minutieux que j'avais apporté à la rédaction et à la disposition de l'ouvrage, ainsi que dans les tracés qui l'accompagnent, me donnait droit à une exécution matérielle également soignée. Mais cette exécution ne dépendait pas de moi seul, et si je l'ai obtenue, je la dois d'abord à la libéralité du conseil général de l'Aube, et ensuite au loyal et généreux concours de M. Laloy, éditeur, et au talent des artistes chargés du texte (M. Cardon, imprimeur à Troyes), des tracés (M. Schwaerzlé) et des dessins. Ces derniers surtout sont exécutés avec une perfection qui n'étonnera personne, si j'ajoute ici qu'ils sont de M. Thiolat.

M. le Président annonce la démission de M. de Wegmann, secrétaire pour l'étranger, et son remplacement dans la

première séance. Les membres résidant à Paris seront avertis à domicile.

Séance du 1^{er} juin 1846.

PRÉSIDENCE DE M. DUFRÉNOY.

M. Le Blanc, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

DE COSSIGNY, ingénieur civil des mines, rue de Miromesnil, 14, à Paris, présenté par MM. Le Blanc et Dufrénoy ;

DE REUME (Auguste-Joseph), capitaine d'artillerie, rue du Canon, 5, à Bruxelles, présenté par MM. Galeotti et Viquesnel.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Dr T. Puel, 1^o *Note sur l'Arenaria Gouffeia Chaubard* (extr. de la 10^e livraison de la *Revue botanique*) ; in-8^o, 4 p. Paris, 1846 ;

2^o *Suite du Catalogue des plantes du département du Lot* ; in-8^o, p. 41-88. Paris, 1846.

De la part de M. le baron d'Hombres-Firmas, *Rapport fait à l'Académie royale du Gard et à la Société philotechnique de Paris sur le congrès de Naples en 1845* (extr. de *Mélanges*, t. VI) ; in-8^o, p. 25-52. Nîmes, 1846.

De la part de M. le Dr Haguette, 1^o *Almanach national pour l'an 1845* ; in-4^o, 54 p. Lausanne, 1845.

2^o *Almanach national pour l'an 1846* ; in-4^o, 48 p. Lausanne, 1846.

De la part de M. Sismonda, *Notizie*, etc. (Notes et éclaircissements sur la constitution des Alpes piémontaises) (extr. du t. IX, 2^e sér. des *Mémoires de l'Acad. royale des sciences de Turin*) ; in-4^o, 123 p., 3 pl. Turin.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences, 1846, 1^{er} sem., t. XXII, nos 20 et 21.

Annales des mines, 4^e série, t. VIII, 6^e livr. de 1845.

Bulletin de la Société de géographie, 3^e série, t. V, n^o 28.

Mémoires de la Société d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube, n^o 97.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, n^o 93.

L'Institut, 1846, n^{os} 646 et 647.

L'Écho du monde savant, n^{os} 39 à 42.

Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève. — Archives des sciences physiques et naturelles; n^o 4, 5 mai 1846.

The Athenæum, 1846, n^{os} 969 et 970.

The Mining Journal, 1846, n^{os} 561 et 562.

Correspondenzblatt, etc. (Journal de correspondance de la Société royale d'agriculture de Wurtemberg); année 1846, 1^{er} vol., 1^{er} cahier, et II^e vol., 3^e cahier.

M. Puel fait la communication suivante :

J'ai l'honneur de présenter à la Société la deuxième partie du catalogue des plantes du Lot, dont j'ai entrepris la publication : qu'on me permette de saisir cette occasion pour faire connaître quelques détails intéressants sur la géographie botanique de ce département. Je me bornerai aujourd'hui à attirer l'attention de la Société sur un petit nombre de faits particuliers, parce que je me propose de traiter plus tard la même question dans un mémoire spécial.

Le département du Lot touche d'une part aux régions froides de l'Auvergne, et quelques unes de ses montagnes ont près de 800 mètres d'élévation, tandis que ses collines méridionales, entourées de vallées larges et profondes, s'avancent vers le département de Tarn-et-Garonne jusqu'aux limites du Languedoc.

Cette position géographique suffit pour expliquer le mélange de plantes sous-alpines et de plantes méridionales que présente la Flore de cette région. Il n'en est pas moins très remarquable de rencontrer dans le même département des plantes telles que le *Pyrola secunda* L., le *Geum montanum* L., le *Gentiana acaulis* L., le *Linum campanulatum* L., le *Cistus laurifolius* L. et le *Biscutella cichoriiifolia* Lois. : en effet, les trois premières plantes appartiennent presque à la région alpine, et les trois autres sont presque méditerranéennes.

Mais dès qu'on observe ce bizarre assemblage de plantes, non seulement dans le même département, mais dans le même arron-

dissement et jusque dans le même canton, il est évident qu'il ne suffit pas d'invoquer des considérations purement géographiques pour arriver à une explication satisfaisante. On se trouve ainsi naturellement amené à étudier l'influence de la nature géologique du sol sur la végétation, et on ne tarde pas à remarquer en effet que là se trouve la cause réelle du phénomène observé.

Ainsi, par exemple, aux environs de Figeac et dans les seules limites de ce canton, on peut récolter les espèces suivantes : *Plantago alpina* L., *Crucianella angustifolia* L., *Lychnis coronaria* Lam., *Bunias erucago* L., *Geranium nodosum* L., *Coriaria myrtifolia* L., *Luzula maxima* D. C., *Psoralea bituminosa* L., *Sedum anacampseros* L. et *Sedum altissimum* L.

Dans les rues mêmes et sur les murs des faubourgs de la ville, on trouve le *Centranthus calcitrapa* Dufr. et le *Sisymbrium polyceratum* L.

Enfin, à 2 kilomètres de Figeac, sur la rive gauche du Célé, entre cette rivière et le ruisseau qui descend du village de Seirignac, se trouve une colline dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer ne dépasse pas 300 mètres, et sur laquelle on peut récolter les espèces suivantes : d'une part et à l'exposition du N., le *Lilium martagon* L. et l'*Erythronium dens-canis* L., qui appartiennent l'une et l'autre à la flore du mont Dore; d'une autre part, sur le versant opposé, l'*Allium suaveolens* Jacquin et le *Cistus salvifolius* L., qui font partie de la flore méridionale.

De même que le botaniste peut récolter les végétaux les plus divers, aux environs de Figeac, pour ainsi dire dans une même herborisation, le géologue peut observer de son côté, dans une course de quelques heures, presque toute la série des terrains compris entre les roches primitives ou granitiques et les limites supérieures du terrain jurassique. Ainsi, l'un des faubourgs de la ville repose sur les porphyres du terrain houiller qui touchent au granite vers le N.-E., et le faubourg opposé s'appuie sur les argiles du lias, tandis que la ville elle-même est bâtie sur un grès dont la position n'est pas exactement déterminée, mais qui occupe la place du grès bigarré.

Il est facile de comprendre que des terrains si variés doivent donner au sol, pour ainsi dire à chaque pas, un aspect nouveau. Ici le terrain siliceux est sillonné de ruisseaux frais et ombragés, là il présente des eaux stagnantes et des prairies marécageuses; le terrain calcaire offre au contraire de vastes surfaces arides, rocailleuses et complètement dénuées de cours d'eau. Les montagnes granitiques, déchirées par des gorges profondes, sont cependant

remarquables par des pentes douces et des croupes arrondies , tandis que le calcaire jurassique offre toujours le contraste singulier de plateaux uniformément élevés et d'escarpements abrupts semblables à d'immenses murailles dont quelques unes ont 50 , 60 et même 100 mètres d'élévation au-dessus du niveau des rivières qui baignent leur pied. Ces rivières sont au nombre de cinq dans le seul arrondissement de Figeac , en y comprenant le Lot et la Dordogne , qui forment les limites extrêmes : elles sont toutes traversées par une zone argileuse appartenant à la formation du lias et s'étendant, sur une largeur moyenne d'une lieue, depuis le département de la Corrèze jusqu'à celui de l'Aveyron : le lit de ces rivières , étroitement encaissé tant qu'elles coulent sur le terrain granitique , s'élargit brusquement au contact du lias , et leurs alluvions fertilisent de riches vallées.

En un mot , terrains d'alluvion , argileux , sablonneux , calcaires , argilo-calcaires , porphyriques , schisteux et granitiques , tout cela , j'ose le dire , se trouve accumulé dans un petit espace.

Si l'on considère maintenant combien d'expositions diverses doivent produire ces différents accidents de terrain , quelle température variable doivent occasionner d'une part sur le sol granitique le voisinage des montagnes de l'Auvergne, et d'autre part la réverbération du soleil contre des rochers à pic dans les vallées du terrain jurassique , il est facile de comprendre que le même canton produise à la fois des plantes sous-alpines et des plantes méridionales.

M. Dufrénoy donne lecture de l'extrait suivant d'une lettre que lui a adressée M. Marrot, ingénieur en chef des mines à Périgueux.

25 mai 1846.

« En travaillant une vigne , on a brisé en deux d'un coup de pic une géode d'hydrate de fer qui , en se partageant , a montré environ 200 pièces de monnaie d'argent du xv^e ou xvi^e siècle , je crois. Elles sont incrustées en partie dans le dépôt d'hématite qui les enveloppe. Je n'ai d'ailleurs pu voir qu'un seul instant l'une des moitiés de la géode. J'ai cherché à déterminer le possesseur à vous l'envoyer ; je ne renonce pas à la réussite. »

M. Boubée demande si c'est bien de l'hématite fibreuse.

M. Dufrénoy répond qu'il le croit. Il ajoute que M. Marrot a aussi trouvé un magnifique fragment d'Ammonite inédite

de la partie supérieure des calcaires jaunes de M. d'Archiac.

M. Virlet fait observer que le fait extrêmement intéressant signalé par M. Marrot vient complètement confirmer l'opinion qu'il a émise, que les différents minerais de fer d'alluvion sont d'une formation postérieure à celle des terrains qui les renferment, et qu'ils peuvent continuer à s'y former tous les jours par suite d'un transport moléculaire (voyez *Bulletin*, 2^e série, t. II, p. 200, et t. III, p. 152), ainsi que cela a eu nécessairement lieu pour la géode toute récente d'hématite dont il s'agit; quant à son état cristallin, il ne lui paraît pas plus difficile à admettre que la transformation journalière de certaines pyrites en fer oxydé résinoïde, quelquefois à cassure grenue, ce qui annonce aussi un commencement de cristallisation.

On procède à la nomination, au scrutin secret, d'un secrétaire pour l'étranger. M. Martins, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé secrétaire pour l'étranger.

On procède ensuite à la nomination d'un vice-secrétaire en remplacement de M. Martins, nommé secrétaire. M. Hugard, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé vice-secrétaire pour l'étranger.

La durée des fonctions de MM. Martins et Hugard comptera à partir du 1^{er} janvier 1846.

M. Desor fait la communication suivante *sur la structure des glaciers* (pl. V).

Lorsqu'on examine un glacier d'un point de vue élevé, on découvre à sa surface, outre les crevasses et les moraines, un certain nombre de lignes parallèles qui décrivent des arcs plus ou moins allongés ayant leur sommet constamment dirigé vers l'issue du glacier, et ordinairement perpendiculaires à la direction des crevasses (1). Les opinions sont aujourd'hui très partagées sur la signification de ces lignes : les uns y voient des déchirures occasionnées par la marche accélérée des parties centrales du glacier

(1) Ces lignes ont été mesurées rigoureusement au glacier de l'Aar, et inscrites sur une carte, à l'échelle de 1/10000^e, qui fait partie de l'Atlas de M. Agassiz, et dont la figure ci-jointe n'est qu'une copie très réduite.

relativement aux parties riveraines ; les autres , au contraire , pensent que ce sont les couches primitives du glaeier, dont les tranches viennent affleurer à la surface sous des angles divers et présentent des contours en rapport avec le mouvement du glacier. Cette divergence d'opinions ne concerne cependant que les régions terminales des glaciers , à partir du point où les moraines commencent à se montrer à la surface. Plus haut , la stratification est trop évidente pour que personne ait songé à la contester. La question en litige est par conséquent de savoir si cette stratification *disparaît* à la limite de la glace compacte , comme le pensent MM. de Charpentier et Forbes, ou bien si elle se maintient ultérieurement, comme c'est l'opinion de MM. Agassiz et Desor. Voici l'expérience sur laquelle M. Desor se fonde pour établir que les lignes arquées qui se voient à la surface sont bien des affleurements de couches : il y a sur la branche gauche du glacier de l'Aar, non loin de l'endroit où le Finster-Aar et le Lauter-Aar confluent au pied du promontoire de l'Abschwurg, une région où se trouvent une quantité de puits dont plusieurs sont vides pendant une partie de l'année. En 1842 , M. Agassiz se fit descendre dans l'un de ces puits jusqu'à la profondeur de 50 pieds. Il a examiné attentivement les parois , sur lesquelles il trouva les mêmes superpositions de couches que sur les parois des crevasses du névé. Il remarqua en outre dans les interstices des assises des accumulations de gravier et de sable ; enfin l'inclinaison des strates était telle que leur prolongement correspondait exactement aux affleurements de la surface qui se succèdent comme autant de gradins superposés. (Voy la coupe de la fig. 13.) L'angle que les plans des couches forment avec l'horizon n'est pas partout le même ; il varie considérablement suivant les régions du glacier ; dans le puits cité il est de 30°, mais il diminue à mesure qu'on remonte vers l'origine du glacier , et , à quelques cents mètres au-dessus de l'Absehwurg , il n'est plus guère que de 5 à 10°. Il augmente , en revanche , du côté opposé , où les couches arrivent presque à la verticale en face de l'Esherhorn pour se fléchir de nouveau à mesure qu'elles approchent de l'extrémité du glacier, ainsi que le montre le dessin de la fig. 14 , qui représente une coupe longitudinale du glacier de l'Aar. M. Desor conclut de cette disposition que les couches primitives du glacier ne s'effacent pas , mais qu'elles se maintiennent à travers toute la longueur du glacier. Il en voit la preuve : 1° dans le fait qu'elles vont en se redressant d'une manière insensible à partir du névé pour se fléchir de nouveau d'une manière tout aussi graduelle vers l'extrémité du glacier ; 2° dans cet

autre fait que les interstices des couches contiennent du sable et du gravier, ce qui démontre qu'elles ont été à une certaine époque à la surface du glacier, par conséquent qu'elles ne sont pas des déchirures survenues dans l'intérieur de la masse.

On a objecté que ces lignes ne pouvaient être des plans de couches, puisqu'elles disparaissent dans certaines parties escarpées des glaciers, pour reparaître plus loin lorsque la pente redevient plus uniforme. M. Desor pense que cette disparition n'est qu'apparente, attendu que la stratification se retrouve au milieu de la chute du glacier du Rhône, dans les parties les plus bouleversées du glacier de Finster-Aar, qui descend entre le Mittelgrat et le pic Agassiz, enfin au milieu des crevasses et des aiguilles du glacier de Grindelwald.

Quant à la théorie qui veut voir dans les affleurements des couches des brisures occasionnées par l'inégalité de vitesse du centre et des bords, elle n'est pas soutenable. On pourrait au besoin expliquer par l'effet du mouvement accéléré du centre le clivage longitudinal (les côtés des arcs), qui est si développé à l'extrémité de tous les grands glaciers; mais on ne rend nullement compte des clivages transverses, c'est-à-dire du sommet des arcs, surtout là où la vitesse générale va en se ralentissant. Or, quoi qu'en dise M. Forbes, ce clivage transversal est tout aussi évident que le clivage longitudinal, et il ne saurait en être autrement, attendu qu'il constitue le sommet des mêmes arcs dont le clivage longitudinal représente les côtés.

En second lieu, de pareilles brisures devraient nécessairement être verticales au moment de leur formation, et l'on ne concevrait pas qu'il pût s'en former d'horizontales ou d'obliques; par conséquent le phénomène devrait commencer au point où les couches sont verticales. Or, nous avons vu qu'en amont de ce point les affleurements sont tout aussi évidents et qu'ils s'élèvent graduellement depuis l'horizontale jusqu'à la verticale. Enfin le fait même que ces lignes seraient des *brisures* est contraire à la théorie de la semi-fluidité dont M. Forbes s'est fait le défenseur. Les corps semi-fluides ne se comportent pas de la sorte sous l'empire d'une tension inégale, ils s'étirent et ne se brisent pas.

Passant ensuite aux crevasses, M. Desor fait la remarque que ce phénomène, qui a si souvent attiré l'attention des voyageurs, est cependant très mal connu dans son essence, par la raison que l'on ne s'est guère occupé que des crevasses qui se trouvent à l'extrémité des glaciers, et que les autres ont été d'ordinaire négligées. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, de ce que les endroits

les plus crevassés correspondent d'ordinaire à de fortes pentes, on en a conclu que la présence de crevasses sur un point quelconque indiquait une accélération de toute la masse.

M. Desor distingue au moins six espèces de crevasses.

1° *Les crevasses marginales.* — Elles n'existent que le long des bords, ordinairement par groupes ou faisceaux qui se rattachent à quelque promontoire ou rocher du rivage. Leur direction est oblique en amont, ce qui a fait supposer à MM. de Charpentier et Agassiz que les bords du glacier marchaient plus vite que le centre, opinion que les expériences ultérieures n'ont pas confirmée. La cause déterminante de ces crevasses, ce sont les inégalités des bords, qui, en retenant une portion de la glace prisonnière, provoquent une tension, laquelle finit par être vaincue. Il en résulte alors des déchirures perpendiculairement à la chute du glacier. Or, comme la masse des bords est sollicitée par deux forces, l'une qui la porte dans le sens de l'axe du glacier, l'autre vers le fond de la vallée, il s'ensuit que la brisure doit être perpendiculaire à la résultante de ces deux forces, c'est-à-dire oblique en amont.

2° *Crevasses médianes.* — Ce sont de longues fêlures transversales très étroites qui traversent souvent le glacier de part en part. Elles ne se trouvent que là où la surface du glacier est unie; elles naissent spontanément et avec forte détonation, ordinairement à la suite de journées chaudes.

3° *Crevasses d'escarpement.* — Ce sont celles qui donnent naissance au phénomène si remarquable des aiguilles. Elles n'existent que sur les fortes pentes. Le glacier, en arrivant au bord d'un escarpement, prend un mouvement accéléré qui occasionne des déchirures transversales. Celles-ci se multiplient et s'élargissent sur l'escarpement lui-même, et il en résulte à la fin un bouleversement général. La présence de pareilles crevasses est toujours un indice que le mouvement est momentanément accéléré. C'est en faisant allusion à ces crevasses que M. Guyot a pu poser en principe « que les crevasses se forment partout où la vitesse de marche devient relativement trop grande et cesse d'être en proportion avec leur plasticité. »

4° *Crevasses longitudinales.* — Elles n'existent que dans les grands glaciers, et particulièrement dans ceux dont l'extrémité s'étale dans une large vallée à fond plat. L'exemple le plus remarquable qu'on puisse citer est celui du glacier du Rhône. Il est probable qu'en se déversant ainsi latéralement, le glacier éprouve

une tension dans toute sa masse qui provoque des déchirures perpendiculairement à cette tension, c'est-à-dire dans le sens de l'axe du glacier. Comme les strates indiquent d'ordinaire la direction de la force propulsive, et que celles-ci sont concentriques, il en résulte que les crevasses devront être rayonnantes, c'est-à-dire en éventail.

5° *Caveaux*. — Ce sont de vastes ouvertures ellipsoïdes qui ne se trouvent qu'à l'origine des glaciers, dans l'intérieur des cirques, entre 3,000 et 3,500 mètres d'élévation, ordinairement dans les endroits où la pente augmente. Leur longueur est quelquefois de 300 mètres, leur largeur de 20 mètres, leur profondeur de 100 mètres. Elles ont cela de particulier, que leur section n'est pas en forme de cône renversé comme celle des crevasses ordinaires, mais, au contraire, ovoïde. Quelquefois elles se referment complètement dans le haut, et c'est alors qu'elles offrent un danger réel pour le voyageur qui est appelé à parcourir les solitudes des hautes régions. Lorsqu'elles s'entre-eroisent et se multiplient, elles donnent lieu au phénomène des *séracs*.

6° *Rimages*. — M. Desor appelle ainsi les crevasses qui se voient à l'origine de toutes les grandes pentes de neige et que les montagnards de l'Oberland bernois désignent sous le nom de *Bergschrund* (crevasse de montagne). Elles n'indiquent pas précisément le point où les masses entrent en mouvement (puisque'il y en a souvent plusieurs de superposées), mais probablement une accélération déterminée par une plus grande épaisseur de la masse de neige, c'est pourquoi elles se maintiennent toujours à une certaine distance de l'origine des pentes de neige.

Toutes les crevasses, quelles qu'elles soient, se referment au bout d'un certain temps. Ce qui le prouve, c'est qu'elles sont toujours à la même place, et pourtant le glacier marche continuellement. Souvent les espaces qui précèdent et suivent immédiatement les crevasses sont des plus unis : témoin les environs du Pavillon au glacier de l'Aar, en amont et en aval des crevasses marginales. Aussi bien, si les crevasses ne se refermaient pas, tous les glaciers sans exception seraient tellement bouleversés qu'ils deviendraient complètement inaccessibles.

Lorsque les crevasses ne se referment pas immédiatement, comme cela a lieu dans les régions supérieures, où elles persistent quelquefois plusieurs années, on peut en quelque sorte inférer leur âge de leur direction, surtout si ce sont des crevasses marginales. Ceci est une conséquence du mode de progression du

glacier. Le glacier, en effet, se meut avec des vitesses variables dans ses différentes parties (1). C'est ainsi en particulier que le centre marche au moins dix fois plus vite que le bord. Supposons qu'une crevasse s'étende du bord au centre, si le déplacement du bord est de 10 mètres, celui du centre sera de 100. La position de la crevasse relativement aux cimes environnantes ne sera donc plus la même, et c'est ainsi qu'une crevasse qui dans l'origine était transversale pourra devenir insensiblement longitudinale.

M. Desor résume ses observations de la manière suivante :

1° Le phénomène de la stratification n'existe pas seulement dans les régions supérieures du névé ; il se poursuit jusqu'à l'extrémité des glaciers.

2° La preuve que le clivage superficiel des glaciers est une stratification primitive se tire du passage insensible des couches du glacier à celles du névé, de la concordance des plans de couches dans l'intérieur des puits avec les affleurements de la surface, et enfin de la présence de petits dépôts de sable et de gravier entre les assises.

3° Les crevasses sont l'effet d'une tension vaincue ; elles sont toutes perpendiculaires au plan de tension, c'est-à-dire à la direction des couches.

4° Toutes les crevasses se referment.

M. Boubée demande si on est bien sûr que les glaciers aillent plus vite au milieu que sur les bords.

(1) Quand on veut juger de la vitesse relative d'une région, il faut avoir soin de prendre pour terme de comparaison le maximum de vitesse. Au glacier de l'Aar, le mouvement va en se ralentissant depuis l'Abschwung jusqu'à la sortie de la rivière. M. Forbes est arrivé à des résultats différents ; il a trouvé que la partie moyenne marchait moins vite que la partie supérieure et la partie terminale. Mais peut-être ses mesures ne méritent-elles pas une entière confiance, précisément parce qu'au lieu de mesurer à toutes les stations le *maximum* de vitesse, il a pris pour terme de comparaison un point du bord (250 pieds du rivage). Il suffit de comparer les courbes du mouvement annuel dans la figure qui accompagne la notice de M. Agassiz (pl. V, fig. 40), pour avoir une idée de l'inégalité de mouvement qui peut exister entre deux points situés à la même distance du bord, et par conséquent des causes d'erreur que leur mesure, prise pour base d'une théorie, peut entraîner à sa suite. C'est ainsi que dans la première courbe (de 1843), le point 10 du côté du S. a avancé en un an de 22 mètres, tandis que le point 6 du côté du N., qui se trouve à la même distance du bord, a progressé de 39 mètres, par conséquent de près du double.

M. Agassiz répond que si on a dit dans l'origine que les bords allaient plus vite que le milieu, c'est qu'on avait conclu cela de la forme des courbes de stratification; mais les mesures précises, citées dans la communication qu'il a faite à la dernière séance, ne laissent aucun doute à ce sujet (voir pl. V, fig. 10).

M. Boubée ne comprend pas que cela puisse avoir lieu sans un fendillement général du glacier.

M. Agassiz répond que M. Forbes a proposé une théorie sur l'explication de ce phénomène. Lui-même il la croit fausse, et il ne croit pas qu'il y ait lieu maintenant à entrer dans l'explication de ce phénomène; mais le fait est tout-à-fait constant, et il faut s'arrêter là actuellement.

M. Clément Mullet, archiviste, annonce à M. le Président que ses nombreuses occupations le forcent à donner sa démission. La lettre de M. Clément Mullet sera renvoyée au conseil.

M. le marquis de Roys transmet une lettre de M. le maire de la ville d'Alais, qui offre la salle de l'Hôtel-de-Ville pour les réunions de la Société.

M. Dufrénoy annonce que M. Calon, ingénieur des mines, directeur de l'École des ouvriers mineurs, a également proposé le local de l'établissement qu'il dirige pour les réunions de la Société. Il s'empressera de donner aux membres les moyens de visiter les mines de la Grande Combe.

M. le vicomte Benoît, l'un des administrateurs des usines d'Alais, a également offert à M. Dufrénoy la maison qu'il habite aux forges pour les réunions de la Société hors de la ville; il aura également un grand plaisir à fournir aux membres l'occasion de visiter les belles usines d'Alais.

M. Martins donne lecture, de la part de M. Collomb, des deux lettres suivantes :

Wesserling, le 29 mai 1846.

Des galets rayés dont l'origine n'est pas erratique.

Les discussions qui ont eu lieu dernièrement à la Société relativement aux galets striés m'engagent à lui communiquer un fait

d'observation sur des galets rayés que j'ai trouvés dans les Vosges, mais dont l'origine n'est point erratique. Voici le fait qui a donné lieu à cette observation.

Le 26 janvier 1846, à la suite de plusieurs jours de pluies abondantes, un éboulement de terrain eut lieu sur une des pentes des montagnes de la rive droite de la vallée de Saint-Amarin, en face de l'église du village d'Odern. L'éboulement prit naissance à 250 mètres environ au-dessus du niveau de la vallée, dans une dépression du sol, qu'on qualifie dans les pays de montagnes du nom de *couloir*. Ce couloir a la forme d'un triangle isocèle, dont le sommet est au point où l'éboulement a commencé et la base au niveau de la vallée. La pente moyenne du couloir est de 28 à 30°; elle est un peu plus rapide au sommet qu'à la base. Un petit filet d'eau, dans les temps de pluie seulement, donne lieu à de petites cascades le long du couloir.

Les matériaux entraînés par l'éboulement se composaient d'une grande quantité de blocs de granite, dont aucun n'arrivait à 1 mètre cube, puis d'une masse considérable de blocs moyens et de galets de granite et de grauwacke à pâte fine, matériaux d'ailleurs de même nature que ceux qui forment la montagne même; puis ces blocs et ces galets étaient accompagnés d'une masse épaisse de boue plus ou moins fine. Ces éléments se sont détachés de la partie supérieure sous forme d'une masse pâteuse; au dire des habitants du village qui ont pu suivre les phases du phénomène, elle est descendue de la montagne avec une certaine lenteur. Les personnes qui se trouvaient dans une chaumière sur le bord du trajet parcouru, ont eu le temps de commencer un déménagement avant de fuir.

Deux jours après l'événement, je me rendis sur les lieux pour en examiner le résultat. Dans les méplats du terrain, la boue n'avait pas encore pris de consistance, on y enfonçait comme dans la vase d'un marais. En examinant les différents matériaux répandus sur le sol, je reconnus que les galets de schiste argileux bleu étaient en grand nombre rayés sur toutes leurs faces; mais à la différence des galets d'origine glaciale, ils étaient plutôt raclés que striés; ils étaient couverts d'une infinité de raclures courtes, grossières, fort différentes des stries fines, délicates et croisées qui caractérisent les galets erratiques.

Deux galets de même espèce de roche, dont l'un d'origine d'éboulements et l'autre d'origine glaciale, mis en présence, se distinguent à la première vue par la différence du dessin et de la gravure.

Ce fait est très simple; cependant il n'est pas inutile de le signaler à l'attention des observateurs. Beaucoup de personnes ne connaissent pas encore les véritables galets striés; les observateurs du Nord n'en font pas mention, et les galets rayés par un éboulement pourraient donner lieu à une erreur.

Wesserling, le 29 mai 1846.

Sur les glaciers temporaires des Vosges.

Il y a un an que j'envoyais à M. Élie de Beaumont quelques notes sur des observations relatives à la stratification et au mouvement que j'avais remarqués dans les masses de neige qui existent encore sur nos montagnes dans les mois de mai et de juin. M. Élie de Beaumont eut la bonté de communiquer ces notes à l'Académie (1). Mon intention était de continuer cette année, à pareille époque, des observations et des expériences sur le même sujet, parce qu'elles me paraissaient avoir un caractère de nouveauté et un intérêt se rattachant plus ou moins directement à la théorie des grands glaciers. Je voulais poursuivre des expériences rigoureuses, comparées entre elles sur le mouvement de ces petits glaciers, soit à forte pente, soit à pente faible, afin de décider d'une manière positive quel rôle joue l'inclinaison du sol dans le phénomène du mouvement; puis encore quelle était l'ablation de la surface dans un temps donné. J'ai dû borner pour le moment mes observations à quelques faits relatifs à la stratification du névé; cette année la matière a manqué. Dans les mois de janvier et de février, il n'est presque pas tombé de neige; le mois de mars, qui nous en apporte d'ordinaire des quantités considérables chassées par le vent d'O., a été excessivement calme.

Dès le 5 mars, époque habituelle des grandes neiges, nous avons pu parcourir les sommets des Vosges avec MM. Agassiz, Desor et Dollfus, sans en rencontrer de grands amas, sauf sur le revers oriental du Rothenbach, et, à cette époque de l'année, le mouvement ne se manifestait pas encore; toutefois les couches de neige étaient déjà stratifiées et passées à l'état de névé; mais la partie de ce névé reposant immédiatement sur le sol n'avait pas encore été convertie en glace. Les alternatives de chaud et de froid, dans le milieu ambiant, n'étaient pas suffisamment pro-

(1) *Comptes-rendus de l'Institut*, tome XX, p. 1305; tome XXI, p. 327.

noncées au mois de mars pour que le névé inférieur se soit trouvé dans des circonstances favorables à sa transformation en glace. Il y avait de minces couches de glace intercalées; mais elles ne touchaient pas le sol. Les coupures que nous avons pratiquées dans la masse nous ont donné les couches successives suivantes :

Névé.

Glace.

Névé.

Glace.

Névé.

La couche de glace intercalée entre le névé était fort compacte, serrée, presque glace-miroir, de 5 à 10 millimètres d'épaisseur. Cette couche correspond sans doute à une époque de chute de neige suivie de verglas. Voici comment je comprends la théorie de ce phénomène : une couche superficielle excessivement mince de verglas étant formée, une nouvelle chute de neige arrive, puis ensuite cette neige fond en partie pour se transformer en névé; mais pendant cette opération le verglas ne fait pas filtre; il arrête, au contraire, les eaux d'infiltration; elles se congèlent, et forment ensuite une couche de glace d'une épaisseur de 5 à 10 millimètres. Serait-ce là l'origine des veines bleues et blanches des grands glaciers?

Deux mois plus tard, le 10 mai, le Drumont avait encore près de son sommet une série de taches de neige de quelques mètres d'épaisseur, adossées contre une pente de 30 à 35°. Ces neiges étaient en mouvement; le fait était clair; elles avaient exercé une pression considérable sur des arbres placés sur leur trajet. La stratification de ces neiges était fort avancée; la partie reposant immédiatement sur le sol était complètement transformée en glace. En coupant des tranches dans la masse, on remarquait les couches suivantes :

Névé.

Glace de névé.

Glace bulleuse.

Sur d'autres points, les veines de glace-miroir que nous avons remarquées au Rothenbach deux mois auparavant existaient encore; les couches se succédaient dans l'ordre suivant :

Névé.

Veine de glace miroir.

Glace de névé.

Glace bulleuse.

La glace bulleuse, reposant sur un sol gazonné, était couverte à sa partie inférieure de longues cannelures, de stries qui correspondaient aux brins d'herbes sèches, qu'elle avait comprimées et entraînées dans son mouvement, et dont elle avait pris l'empreinte; beaucoup de brins se trouvaient encore collés à la glace. Sur quelques points, cette glace bulleuse était passée à l'état compacte.

Ces amas de névé étaient tous, à différents degrés de profondeur, à la température de 0°. L'air ambiant, à l'ombre, à midi, avec un ciel sans nuages, était ce jour-là à 15,5. La température du sol, à 10 centimètres de profondeur sous le névé, était à quelques degrés au-dessus de zéro; cependant le sol lui-même, le gazon, n'était point mouillé par la glace, il était légèrement humide, presque sec.

Le 24 mai tous ces amas avaient disparu

Dans toutes les masses de névé en mouvement que j'ai observées l'année dernière et cette année, je n'ai pas remarqué que la pente du terrain jouât un rôle important dans le phénomène; mais comme je n'ai point fait d'expériences directes à ce sujet, ce n'est que par approximation que je puis juger du fait: il faut attendre l'année prochaine avant de se prononcer définitivement. Cependant j'ai pu remarquer que dans des forêts situées entre la vallée d'Urbès et la vallée de Schliffels, qui sont à faible pente, le mouvement des petits glaciers avait exercé de grands ravages l'année dernière: il avait cassé, brisé une grande quantité d'arbres; ce mouvement était là tout aussi prononcé que sur les pentes de 45° du revers oriental du Hoheneck. J'ai parcouru souvent nos montagnes au milieu de l'hiver; je n'ai jamais vu le mouvement lent des neiges se manifester dans cette saison, quel que soit le degré d'inclinaison des pentes.

M. Bayle, vice-secrétaire, après avoir donné lecture des conclusions d'un Mémoire de M. Durocher, *sur les phénomènes métamorphiques* (v. p. 546), dit que :

En Suède, le terrain silurien, dont les couches les plus anciennes ne présentent pas d'altération due à des phénomènes métamorphiques, repose sur une formation très épaisse de gneiss.

M. Élie de Beaumont, dans une de ses remarquables leçons au Collège de France, a montré que cette formation était d'origine sédimentaire, et qu'elle ne devait son état actuel qu'à une grande action de métamorphisme.

Ces couches de gneiss ont été très improprement nommées formation azoïque ; elles ne sont azoïques que par suite de l'action métamorphique qui a fait disparaître les débris d'êtres inconnus qu'elles devaient renfermer ; on trouve en effet, en plusieurs points de ces gneiss, des vestiges qui indiquent la présence de fossiles dans ces couches.

M. Boubée demande s'il y a dans les mêmes échantillons des cristaux et des fossiles.

M. Dufrénoy répond que des macles d'assez gros volume contenaient des schistes analogues à ceux qui les enveloppaient, et qu'on a trouvé des fossiles dans la roche qui contenait les macles.

Il comprend davantage le métamorphisme normal que le métamorphisme accidentel.

M. Desor ajoute qu'il a recueilli au sommet de la Nufenen des Bélemnites avec des grenats, du mica, du feldspath, dans les mêmes échantillons.

M. Dufrénoy attire l'attention des géologues suisses sur un sulfo-arséniure de plomb qui donne une poussière brune, qui est dans les mêmes veines avec le réalgar, et qui se trouve sur le Saint-Gothard ; mais on n'en connaît pas d'échantillons dans les collections.

Le conseil de la Société géologique de France a l'honneur de prévenir MM. les membres de cette Société que son agent est chargé de recevoir les souscriptions qu'ils voudraient adresser pour concourir à l'érection d'une statue de Buffon, que la ville de Montbard se propose d'élever dans ses murs à la mémoire du grand naturaliste français. Un appel a été fait à toutes les Sociétés savantes de France.

Les membres de la commission de Paris sont :

MM. Nau de Champlouis, pair de France ;

Muteau, député ;

Vatout, député ;

Flourens, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences ;

Nadault de Buffon, ingénieur en chef ;

Brurard, membre du conseil d'arrondissement de Saumur.

*Séance du 15 juin 1846.*PRÉSIDENCE DE M. DUFRÉNOY, *vice-président*.

M. Le Blanc, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

ROCHET D'HÉRICOURT, rue Saint-Germain-des-Prés, 8, à Paris, présenté par MM. Élie de Beaumont et Virlet ;

LORY, professeur de physique au Collège de Poitiers, présenté par MM. Delafosse et Hébert ;

PICTET (F.-J.), professeur de zoologie et d'anatomie comparée à l'Académie de Genève, présenté par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont ;

FELIPE NARANJO Y GARZA, secrétaire de l'École des mines, à Madrid, présenté par MM. Le Blanc et Martins ;

COPPIER, bibliothécaire de la ville, à Annecy (Savoie), présenté par MM. le chanoine Chamousset et Genin.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants* ; mai 1846.

De la part de M. F.-J. Pictet, *Traité élémentaire de paléontologie* ; t. IV, in-8°, 458 p., 20 pl. Paris, 1846.

Comptes-rendus des séances de l'Académie des sciences ; 1846, 1^{er} semestre, nos 22 et 23.

L'Institut ; 1846, nos 648 et 649.

L'Écho du monde savant ; 1846, nos 43 et 44.

The Athenæum ; 1846, n° 972.

The Mining Journal, 1846, nos 563 et 564.

M. Boubée demande, comme errata à la page 130 du *Bulletin*, séance du 15 décembre 1845, qu'au lieu de : « les traces des glaciers anciens lui paraissent aussi bien établies dans les Pyrénées que les fossiles qu'il y a constatés avec la dernière

évidence, » on lise : « les moraines anciennes et les roches polies et striées, fort éloignées des glaciers actuels qu'il a reconnus dans les Pyrénées, constatent, pour lui, l'existence d'anciens glaciers, tout aussi parfaitement que les fossiles constatent l'existence des anciens êtres organisés. »

M. Rochet d'Héricourt fait la communication suivante :

Observations géologiques recueillies en Égypte, sur la mer Rouge, le golfe d'Aden, le pays d'Adel et le royaume de Choa, par M. Rochet d'Héricourt.

En sortant du Caire, à une demi-lieue à l'E., on voit s'élever un monticule nommé Djebel Hacmar (montagne rouge); ce nom lui a été donné par les Arabes à cause des grès rouges, compactes, à l'état amorphe, et à cassures vitreuses qui en forment le principal élément; ce monticule est un phénomène d'éruption; on y remarque des traces d'origine volcanique; on observe au centre une soufflure de terrain assez semblable à une cheminée de haut-fourneau et enveloppée d'une lave ferrugineuse. En suivant la direction du N. au S.-E., on voit au milieu des sables, de distance en distance, un assez grand nombre de monticules semblables, qui sont le résultat de productions volcaniques. Ce travail plutonien se continue dans la même direction, et à moitié chemin de Suez au Caire, en suivant la route dite du bas, on observe une montagne d'origine volcanique.

A 2 lieues et demie à l'E.-S.-E. du Caire on remarque dans le désert une vaste forêt pétrifiée; elle est variée de plusieurs espèces d'arbres; il y en a dont les troncs atteignent jusqu'à 18 mètres de longueur; d'ailleurs ils sont tous si bien conservés, que l'on peut reconnaître les diverses espèces auxquelles ils appartiennent. Plusieurs hypothèses ont été émises sur cette forêt. Voici celle qui me paraît conforme à la vérité: le sol sur lequel reposent ces curieuses pétrifications est un terrain de soulèvement de productions éminemment volcaniques; la violente commotion qu'a dû éprouver ce terrain en s'exhaussant, a sans doute renversé les arbres de la forêt; couchés sur le sol, ils se sont trouvés en contact avec la cause immédiate du phénomène qui s'est opéré en eux. Les terres égyptiennes contiennent en effet une grande quantité de nitrate de potasse; ce nitrate de potasse, uni au silex qui était sur les lieux, a formé, par le dégagement de la chaleur du sol, un silicate de potasse qui a été l'élément actif de la pétrification.

Quant à l'opinion qui prétend que ces arbres ont été pétrifiés avant d'avoir été renversés, leur disposition actuelle me paraît suffire à la démentir. Si cette opinion était vraie, la secousse volcanique aurait infailliblement brisé les pétrifications; on ne verrait aujourd'hui que des fragments dispersés au hasard. Au contraire, l'on voit des troncs d'arbres encore entiers et d'une longueur remarquable.

La montagne du Mokkatam, qui suit le cours du Nil à l'E., forme une chaîne irrégulière dont la direction est du N. au S.; elle est généralement composée de calcaire grossier, de calcaire coquillier et de calcaire crayeux. Près du Caire, on trouve sur le revers du Mokkatam des fossiles de plusieurs espèces et de plusieurs variétés, surtout des Nummulites et des Lenticulites.

De Rosette jusqu'à Siout, capitale de la Haute-Égypte, le Nil coule sur un terrain de transport, puis il se promène sur un terrain crayeux jusqu'aux environs d'Edfou.

De Keneh à Kosseir, en se dirigeant vers l'E. et après avoir traversé la chaîne calcaire qui fait suite au Mokkatam, on arrive à une nouvelle chaîne qui sépare la vallée du Nil de la Mer-Rouge; ces premiers mamelons sont le résultat d'un soulèvement volcanique et sont formés de basalte et de trachyte; on observe aussi ces roches sur les sommets les plus élevés. On perd insensiblement ces roches plutoniennes pour rentrer dans les roches de granite, de porphyre, de syénite, de gneiss de toutes nuances, qui se prolongent jusqu'à l'embouchure de la vallée de Kosseir, où l'on rencontre le calcaire crayeux et le calcaire grossier. Les roches volcaniques se représentent de nouveau sur les bords de la mer, et forment une série de petits cônes qui bordent la côte sur une assez grande longueur.

Sur la côte orientale du golfe Arabique, de Suez à Aden, on observe entre la chaîne des montagnes et la mer un terrain d'alluvion généralement bas et dont la largeur varie: en quelques endroits (de Ras-Mohamet, à moitié hauteur du golfe de l'Akabah, dans le voisinage du port de l'Oiedje, aux environs de Yambo), on remarque des collines calcaires de formations nouvelles, et dans lesquelles on trouve des corps organisés fossiles de même espèce que ceux que l'on rencontre aujourd'hui dans la Mer-Rouge.

Le golfe arabe offre pour la géologie un phénomène plein d'intérêt; il peut se diviser en deux parties: le nord, de Suez à Djedda, est, sur ces deux rives, bordé de récifs de madrépores qui, en certains endroits, obstruent la mer jusqu'à une assez grande distance du rivage; dans la partie méridionale les récifs deviennent

moins fréquents et sont remplacés par des bancs de sable, des îlots, des îles dont le plus grand nombre sont des volcans éteints. Je citerai principalement les îles de Djebel-Tar ou Djebel-Cabret (montagne de soufre), à 20 lieues à l'O. de Lohéïa; l'île Nora, à 4 lieues au N. de Dalack; l'île de Zébayer, à 18 lieues à l'O.-N.-O. de Hodéïda; les volcans qui bordent le port de Rayéta sur la rive africaine, au parallèle de Moka; le grand Sian, volcan qui forme un cône assez élevé sur la rive occidentale, à l'entrée du détroit; six volcans sur une ligne parallèle qui obstruent le détroit de ce côté, et dont un porte le nom de petit Sian, deux celui d'Hamra, et les suivants, ceux de Sababo et Sababé; enfin l'île de Périm, à l'entrée du détroit, sur la rive orientale.

De Confouda jusque près de Djézan, la côte est bordée de volcans éteints, et à quelques lieues au S. de Moka jusqu'à Aden, qui est circonscrite de volcans éteints, le même travail souterrain se reproduit.

En sortant de la Mer-Rouge et en face de la côte d'Aden on retrouve des phénomènes analogues. Les environs de Toujourra, village situé sur la rive africaine au parallèle d'Aden, sont aussi de productions volcaniques; le basalte et le trachyte s'y font remarquer; à vingt minutes derrière ce village, dans la direction N.-O., en se dirigeant vers une chaîne de montagnes, on rencontre une roche peu élevée au-dessus de la mer; elle suit un plan presque horizontal; elle renferme des fossiles de plusieurs variétés et fort intéressants. La contrée que l'on traverse en allant de Toujourra au royaume de Choa, et le Choa lui-même, se font remarquer par leur constitution plutonienne. A 24 lieues à l'O.-S.-O. de Toujourra il y a un lac qui est circonscrit de volcans éteints, et qui n'est séparé du golfe de Toujourra que de 4 à 5 lieues; d'après mes observations barométriques sa dépression n'est pas moins de 217 mètres. Dans le pays d'Adel on observe un nombre infini de volcans éteints; plusieurs ont jeté sur le sol des quantités de laves prodigieuses, notamment ceux qui s'élèvent en face de Coumini, au milieu du désert, et ceux de Dabita, près de l'Aouache. Dans plusieurs des vallées du désert on rencontre des fossiles du genre *Mélanie* et d'une espèce inconnue; je donnerai à cette espèce le nom de *Beaumont-Dufrénoy*.

Le sol du royaume de Choa se compose généralement de granite, de porphyre, de syénite et de roches cristallines qui leur sont associées; tandis que des éruptions de basalte et de trachyte, qui se sont fait jour de distance à autre, ont superposé leurs cônes.

sur les terrains anciens; quelquefois ces cônes atteignent une assez grande hauteur et embrassent une vaste étendue.

La montagne qui domine Angobar, capitale du Choa, et sur la pente de laquelle cette ville est bâtie, est un cône de soulèvement; le trachyte en forme la masse, et le basalte en recouvre les pentes. Angolola, seconde capitale du Choa, est bâtie sur une butte de soulèvement dont le basalte est le principal élément.

A 14 lieues N.-O. d'Angolola, dans les provinces de Choa-Méda, Moros et de Marébété, on rencontre un ravin gigantesque qui n'a pas moins de 1,254 mètres de profondeur, et qui coupe le plateau du Choa comme une hachure; malgré la profondeur extraordinaire de cette gorge, les parois presque verticales en sont très rapprochées; au sommet même elles ne sont éloignées l'une de l'autre que d'une distance de 7 à 800 mètres; le fond du ravin sert de lit à une rivière qui renferme un grand nombre d'Hippopotames. On dirait que, pendant le travail plutonien qui a donné à ce pays sa configuration et son exhaussement, le plateau s'est un jour fendu par le milieu pour offrir un moyen unique d'étudier l'assiette et la composition géologique du plateau du Choa. Les deux coteaux dont l'escarpement a ouvert cette fente ont pour base l'élément primitif sur lequel repose le tuf volcanique qui forme en beaucoup d'endroits la couche supérieure du plateau. Dans un lieu nommé Got, situé au pied des coteaux, on voit un grès ferrugineux rougeâtre et à cassure luisante; cette roche est fort élevée et se continue assez loin de l'E. à l'O. sur un plan presque horizontal; elle renferme des turquoises d'une dureté remarquable et d'une belle couleur.

Débrabrame, village du Choa, situé entre Angobar et Angolola, est bâti sur une butte formée de syénites zirconiennes renfermant de l'or argentifère. A une demi-lieue du village, en se dirigeant au N.-O., on remarque deux pyramides de basalte qui ont 3^m,80 d'élévation au-dessus du sol, et 1^m,60 de circonférence. Une semblable pyramide existe à Bolorké, village situé à une lieue au S.-O. du précédent; plusieurs de ces pyramides sont couchées sur le sol, dans la cour où sont les maisons du roi à Débrabrame: on les dirait taillées de main d'homme. Elles sont absolument semblables à celles que l'on voit au Jardin du Roi, à l'entrée du cabinet de géologie.

Les échantillons volcaniques que j'ai recueillis pour prouver la vérité des descriptions que j'avais données dans le récit de mon premier voyage font bien connaître la formation du terrain que

j'ai parcouru, depuis l'Égypte jusqu'au Choa : on voit par là qu'une partie de l'Égypte, toute la Mer-Rouge, le golfe d'Aden ainsi que le pays d'Adel et le royaume de Choa, sont le résultat de productions volcaniques. Au Choa, où se rencontrent les obsidiennes en quantité considérable, dans ce travail des feux souterrains, la chaleur est arrivée à son plus haut degré d'intensité.

Des variétés de laves que j'ai recueillies sur les volcans que je viens de désigner ou à leurs pieds je nommerai ici les principales :

Obsidiennes de forme sphérique et parallélipipèdes, avec une croûte extérieure tuberculeuse, recueillies à 3 lieues au N. de Fouri, royaume de Choa ;

Lave obsidiennique légèrement schisteuse, pailletée, et renfermant des cristaux de feldspath vitreux, recueillie sur le revers du coteau de Pétas ;

Lave porphyrique renfermant des cristaux de feldspath vitreux, recueillie sur le revers du coteau de Pétas ; la même variété se rencontre près du port de Biracmet, sur le golfe d'Aden ;

Lave avec du péridot, recueillie à 2 lieues à l'O. d'Angolola ;

Laves basaltiques et trachytiques, recueillies à Angolola et à Angobar ;

Lave obsidiennique celluleuse, basalte et trachyte qui se trouvent sur presque toute la surface du pays d'Adel, entre Foujourra et le Choa ;

Lave emphygénique renfermant des cristaux de fer titané, recueillie près de Dafarré, voisin du lac salé ; la même variété se rencontre auprès du port de Biracmet, sur le golfe d'Aden ;

Lave ferrugineuse, recueillie sur le grand Sian, à l'entrée du détroit, sur la rive occidentale ;

Obsidienne sphéroïdale, recueillie auprès du port Ibraïm, en face de l'île de Périm, sur la rive occidentale du détroit ;

Des échantillons de basalte et de trachyte, recueillis de Confouda à Kosseir, et de cette dernière ville à Kenéh.

M. Dufrénoy demande à quoi appartiennent les grès qui contenaient des turquoises.

M. Rochet d'Héricourt répond qu'ils se trouvent sur une étendue considérable en couches horizontales, recouvertes par d'autres couches et par des basaltes, et qu'ils sont entourés de roches porphyriques à droite et à gauche.

M. Rivière dit que ce sont toujours des terrains tertiaires presque sans fossiles qui sont traversés par les basaltes et les trachytes.

M. Rochet d'Héricourt ajoute que les deux rives du golfe Arabique sont semées de traces de volcans.

Études sur le métamorphisme des roches, par M. J. Durocher.

(Mémoire lu dans la séance du 1^{er} juin 1846.)

Conditions générales dans lesquelles s'est produit le métamorphisme.

L'expression de métamorphisme embrasse tout l'ensemble des effets de transformation, de modification de nature ou de texture qu'ont éprouvés les roches composant l'écorce terrestre. Ces phénomènes ne se manifestent pas en général au milieu des formations sédimentaires qui ont conservé la régularité et l'horizontalité de stratification qu'elles possédaient au moment de leur dépôt; ils sont le plus développés dans les contrées qui portent l'empreinte de bouleversements ou de dislocations, et ils affectent habituellement le voisinage de la surface de contact des terrains stratifiés et des roches massives ou pyrogènes, c'est-à-dire des roches que l'on présume s'être injectées à l'état de fusion et possédant une haute température. Ce caractère constant a dû naturellement faire considérer les phénomènes de métamorphisme comme le résultat d'une incandescence, ou plutôt, comme on le dit dans la plupart des ouvrages de géologie, d'une *demi-fusion* que les roches ignées ont produite dans les dépôts stratifiés, au moment de leur éruption.

Cependant quelques géologues attribuent la transmutation des roches plutôt à des forces électriques qu'à l'action de la chaleur : cette opinion est peu répandue, malgré l'avantage incontestable de rendre plus facile à concevoir la propagation du métamorphisme à de grandes distances; mais elle soulève des objections nombreuses, lorsqu'on veut lui attacher une valeur absolue et trop exclusive. Si, en effet, tous les phénomènes métamorphiques n'étaient dus qu'au développement des forces électriques, on comprendrait difficilement pourquoi ils ne se manifesteraient pas dans les terrains non disloqués comme dans ceux qui ont été soumis à des actions plutoniques.

L'intervention de la chaleur me paraît vraie en général, mais son influence n'a pas été appréciée comme elle devait l'être. Expo-

ETUDES
sur le Métamorphisme des Roches
par M.J. Durocher

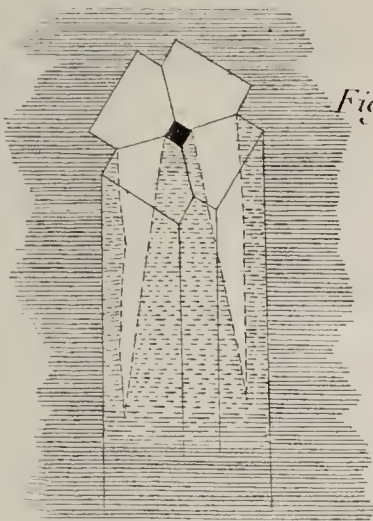


Fig. 1

Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

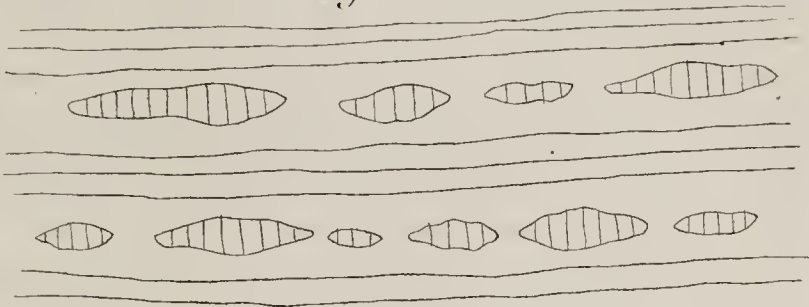


Fig. 6

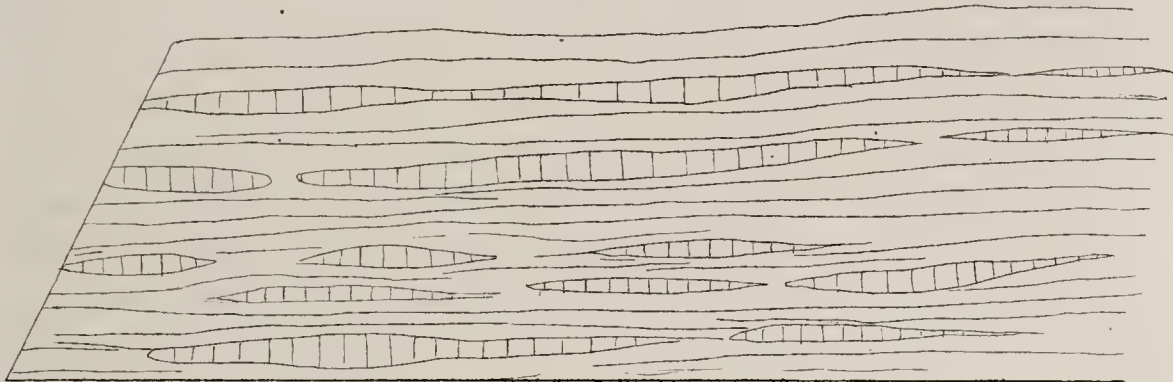


Fig. 7

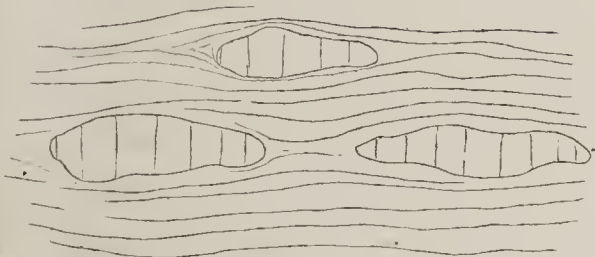


Fig. 8

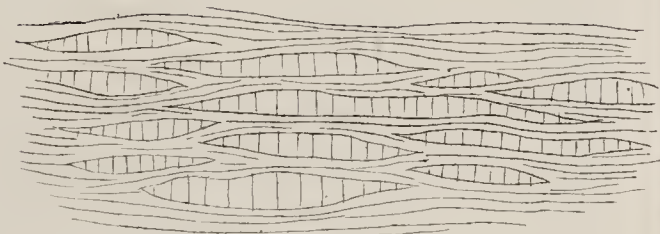
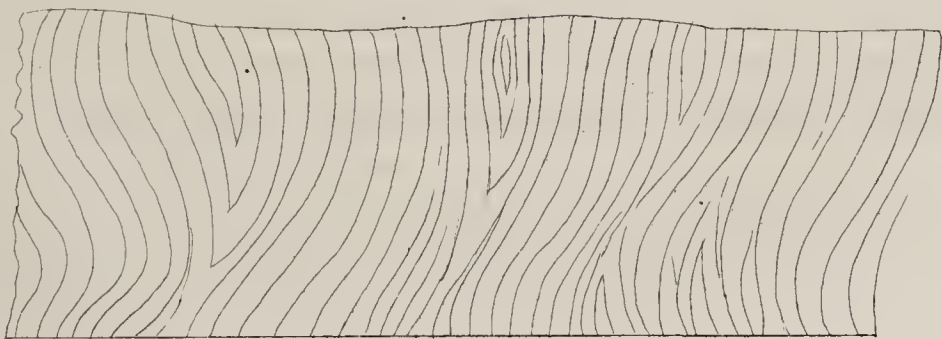


Fig. 9



sons d'abord quelques faits, pour montrer que les roches modifiées ont été, dans l'origine, des dépôts sédimentaires, que les modifications se sont produites fréquemment et sur une très grande échelle à des températures qui n'étaient pas très élevées et ne suffisaient pas pour donner lieu à un ramollissement.

Exemples de roches modifiées contenant des fossiles.

Je commencerai par invoquer la présence de débris d'êtres organisés dans les roches modifiées : il est rare d'en rencontrer dans les couches où la structure cristalline est le plus fortement prononcée, telles que les calcaires tout-à-fait saccharoïdes, les gneiss et les schistes micacés proprement dits ; mais dans un ensemble d'assises où l'action métamorphique est évidente, il y a souvent des couches schisteuses ou calcaires dont la structure cristalline est un peu moins développée, et ce sont celles-là qui renferment les empreintes de fossiles. D'ailleurs il y en a non seulement dans les couches d'un aspect plus ou moins cristallin, mais encore dans celles qui contiennent des minéraux étrangers exclusivement propres aux terrains modifiés. Citons quelques exemples : dans les couches schisteuses des Salles de Rohan, près Pontivy, où se trouvent des macles très bien cristallisées, il y a des empreintes d'animaux, des Trilobites, Orthis, quelquefois assez bien conservées pour être susceptibles de déterminations zoologiques ; elles ont été observées, il y a déjà plusieurs années, par M. Boblaye (1).

Les couches schisteuses siluriennes des environs de Christiania renferment quelquefois des empreintes animales, même dans les parties où elles ont été fortement endurcies, et ont pris un aspect siliceux au voisinage du granite.

Sur les mines de charbon de Languin, près Nort (Loire-Inférieure), on remarque des empreintes végétales dans des couches de grès associées à du schiste talqueux ; ce même fait s'observe sur les mines de charbon de la Bourgonnière, dans le même département. Un gisement semblable a lieu dans le Dauphiné, aussi dans une formation de schiste talqueux.

En plusieurs endroits bien connus, la *Nuffenen*, les environs de *Chamouni*, etc., dans les Alpes centrales et les Alpes occidentales ; on trouve des Bélemnites dans des couches calcaires associées tantôt à des talcschistes, tantôt à des schistes cristallins qui ressemblent tout-à-fait à des gneiss.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, tome X, p. 227.

Aux environs d'Angoumert (département de l'Ariège), on trouve des cristaux aciculaires de dipyre dans des couches calcaires contenant des Bélemnites.

Sur les montagnes qui séparent la vallée de Vicdessos de celle d'Aulus, j'ai recueilli une coquille bivalve dans du calcaire à couzérinite, et autour de la coquille se trouvaient beaucoup de cristaux de ce minéral. M. Coquand a aussi observé à Lacus de la couzérinite dans du calcaire contenant des coraux (1).

Près de Brévig (en Norvège), dans un calcaire de transition qui contient des fossiles siluriens, j'ai remarqué des cristaux de paranthine très bien formés, et qui sont très abondants en certaines parties.

La montagne du *Paradis*, près Giellebeck, en Norvège, fournit un autre exemple devenu classique depuis qu'il a été observé et très bien décrit par M. de Buch (2) à une époque déjà ancienne : le calcaire silurien, ordinairement compact, devient grenu à l'approche du granite ; il s'y développe des grenats, de l'amphibole trémolite et de l'épidote ; mais dans les couches devenues cristallines, les fossiles n'ont pas entièrement disparu, ainsi que l'a remarqué M. Keilhau. D'ailleurs, dans la région de *Christiania*, il n'est pas rare de trouver des zoophytes bien conservés au milieu du calcaire qui a pris un aspect cristallin.

Rappelons enfin que la dolomie de *Gerolstein*, dans l'Eifel, renferme des polypiers changés eux-mêmes en dolomie.

Minéraux qui ont cristallisé dans des roches fossilifères.

J'ai multiplié ces exemples à dessein, pour faire voir que des minéraux très divers, les *macles*, le *talc*, le *mica*, le *dipyre*, la *couzérinite*, la *paranthine*, les *grenats*, la *trémolite*, l'*épidote*, la *dolomie*, ont pu cristalliser, sans que les causes qui leur ont donné naissance aient fait disparaître les restes organiques que contenaient les dépôts sédimentaires, lors même que la cristallisation s'est effectuée presque à leur contact. Il me paraît clair que ces dépôts n'ont pas été exposés à une température excessivement élevée, sans quoi les empreintes de ces corps auraient été détruites, et d'ailleurs elles auraient dû être fortement oblitérées, si les roches avaient éprouvé un véritable ramollissement.

En outre la grande distance (quelquefois plus de *trois mille*

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. XII, p. 324.

(2) *Voyage en Norvège et en Laponie*, tome I^{er}, p. 446.

mètres (1)) qui sépare la limite des masses plutoniques des points extrêmes auxquels ils ont modifié les terrains stratifiés et y ont fait naître des minéraux particuliers, paraît peu compatible avec l'hypothèse d'une vive incandescence qui se serait propagée si loin à travers des corps aussi mauvais conducteurs que le sont les roches. On ne peut objecter que les minéraux qui ont cristallisé ne dépendent pas de la présence de la roche plutonique ; car si on détermine pas à pas le contour de la zone qui les contient, on reconnaît, comme nous le verrons plus loin, que cette zone est concentrique à la ligne de séparation de la roche massive et du dépôt stratifié.

D'ailleurs beaucoup d'observations m'ont convaincu que, généralement, il n'a pas suffi d'un échauffement excessif pour développer la cristallisation dans les roches stratifiées ; en effet, dans la plupart des lieux où se sont fait jour des dykes ou des masses porphyriques peu considérables, les couches schisteuses situées au contact même, et qui, par conséquent, ont dû être exposées à une chaleur très forte, mais promptement dissipée, ne contiennent pas de minéraux particuliers et n'ont même pas une structure cristalline ; la roche n'a fait, le plus souvent, qu'éprouver un effet de trempe ; elle est devenue compacte, et quelquefois elle est d'une extrême fragilité ; dans quelques cas elle a pris une structure amygdaloïde. Il faut cependant excepter les roches calcaires qui sont habituellement grenues au contact de filons de porphyre, de basalte et même de filons peu épais ; elles ne paraissent pas avoir exigé un échauffement très prolongé pour prendre une structure cristalline.

Association et alternance de schistes et grauwackes modifiés avec des couches de micaschistes et de gneiss.

Si l'intensité du métamorphisme décroît en général à mesure que l'on s'éloigne de la roche plutonique, néanmoins ce décroissement n'a pas lieu d'une manière tout-à-fait graduelle ; il présente des alternances de zones dont l'aspect et la structure sont très dif-

(1) Cette distance est celle qui a lieu à la surface ; mais il est difficile de connaître au juste la distance réelle à laquelle s'est fait sentir l'influence métamorphique, car on ignore quelle disposition suivent les masses plutoniques lorsqu'elles s'enfoncent au-dessous des dépôts stratifiés. Néanmoins, il est certain que leur action s'est propagée à une distance considérable, qui, dans beaucoup de cas, est au moins supérieure à 1,000 mètres.

férents : ainsi j'ai souvent observé en Bretagne , dans les Pyrénées et en Norvège , des couches de schiste ou de grauwacke modifiées , plus ou moins feuilletées ou micacées , alternant et entremêlées avec des couches de gneiss , de schiste micacé ou amphibolique. Ce mélange est fréquent en Norvège , où l'on a donné le nom d'*Urthonschifer*, *schiste argileux primitif*, à ces couches schisteuses plus ou moins fortement modifiées. Cela fait voir que l'action de la chaleur n'a pas déterminé dans toute la masse une cristallisation , un métamorphisme uniformes ou décroissant d'une manière tout-à-fait régulière , mais que la composition , la nature , la texture des couches , et peut-être d'autres causes qui nous sont inconnues , ont fait varier les effets du métamorphisme d'une couche à l'autre : il faut que les circonstances favorables à la cristallisation du mica , de l'amphibole , du feldspath , etc. , se soient rencontrés dans certaines couches plutôt que dans d'autres , bien que leur ensemble fût exposé à une même température.

Effets divers produits par le métamorphisme.

Il est encore une circonstance qui , jusqu'à présent , n'a pas fixé l'attention , et qui cependant me paraît fort remarquable , c'est que tantôt les causes métamorphiques ont rendu cristallines les roches stratifiées , sans y faire naître de minéraux particuliers : témoin les schistes feuilletés , micacés , les calcaires grenus dépourvus de cristaux étrangers ; tantôt elles ont développé l'état cristallin dans la roche tout entière , en y faisant cristalliser des minéraux particuliers , tels que l'amphibole , la staurotide , le disthène , etc. , contenus dans les schistes micacés ou talqueux , ou bien la trémolite , la paranthine , les grenats , etc. , renfermés dans les calcaires cristallins ; tantôt enfin , et c'est le cas le plus curieux , les mêmes causes ont fait cristalliser des minéraux étrangers au milieu de la roche , sans que celle-ci soit devenue notablement cristalline. Ce dernier cas est le plus rare , il est vrai ; mais il y en a beaucoup d'exemples , et je vais en citer ici quelques uns.

Exemples de minéraux qui ont cristallisé dans des couches sédimentaires peu altérées.

Les couches de calcaire jurassique des environs d'Angoumurt (Ariège), déjà citées comme renfermant des Bélemnites et des cristaux de *dipyre* , sont en général compactes et sans aspect cris-

tallin; ailleurs, aux environs de Manlëon, le dipyre se trouve à la fois dans des schistes feuilletés d'un aspect talqueux et dans les couches de calcaire marneux qui les accompagnent; ces couches sont à petits grains et ont en général un aspect peu cristallin.

Au col du Bonhomme, dans les Alpes de la Savoie, on trouve des cristaux d'albite disséminés au milieu d'un calcaire compacte qui appartient au terrain jurassique (1).

Les couches calcaires que j'ai indiquées près de Brévig comme contenant des cristaux de paranthine n'ont pas non plus d'apparence cristalline bien prononcée; elles sont à grains fins, presque compactes, mais elles ont un aspect drusique, caverneux, qui est d'ailleurs fréquent dans les calcaires siluriens de cette contrée. C'est dans ces druses que les cristaux de paranthine sont le plus visibles; ils sont accompagnés de cristaux de quartz. Quand on considère la structure des bancs calcaires qui contiennent le dipyre des Pyrénées et la paranthine de Brévig, on est bientôt convaincu que ces minéraux n'ont pu cristalliser au milieu d'une masse en fusion ni même simplement ramollie.

De même que les calcaires compactes, les schistes argileux dont la masse est restée amorphe contiennent souvent des minéraux silicatés qui leur sont étrangers. On sait, en effet, que la belle émeraude du Pérou se rencontre dans des schistes argileux plus ou moins mélangés de calcaire; que l'on trouve aussi de la topaze dans des schistes argileux en Sibérie et dans le Salzbourg.

Les macles, qui sont liées d'une manière presque invariable à la ligne de séparation du granite et des dépôts stratifiés, et qui se présentent dans tant d'endroits, en Norvège, en Bretagne, dans les Pyrénées, dans les Vosges, etc., exactement dans la même situation géologique, nous offrent un exemple important pour la question qui nous occupe. En plusieurs endroits au nord de *Christiania*, près de *Hougshammer*, de *Kirkebye*, *Östbye*, etc., on trouve des macles au voisinage du granite dans des schistes siluriens noirs, ampéliteux et alumineux, auxquels on ne donnerait certainement pas le nom de schistes modifiés, si la présence de prismes macleux disséminés çà et là n'indiquait qu'il y a eu développement d'une action métamorphique, bien que la masse du dépôt argileux n'en ait pas conservé de traces.

Dans les Pyrénées, les macles se montrent quelquefois aussi (vallée de Héas, vallée de l'Essera, au-dessus de Vénasque, etc.)

(1) Voir le *Manuel géologique* de La Bèche, traduit par Brochant de Villiers, p. 575.

au milieu de schistes argileux non modifiés, noirs et mélangés de matière anthraciteuse, et quelquefois dans des calcaires presque compactes; mais on les rencontre plus fréquemment dans des schistes feuilletés, micacés.

En Bretagne, les roches qui contiennent les cristaux de macles les plus purs et les plus beaux, celles des Salles de Rohan, près Pontivy, sont formées de schistes argileux d'un noir bleuâtre, foncé, coloré par un peu de matière charbonneuse (1). Il n'est pas feuilleté, ni luisant, mais il a un reflet légèrement satiné; on y voit, comme dans beaucoup de schistes de transition, des paillettes brillantes, et quelquefois il a une texture fibreuse. Cependant, parmi les couches maclifères, il en est qui semblent changer de nature, et où la presque totalité de la substance schisteuse se transforme en une masse de petits feuillets noirs qui ont l'aspect micacé : ce ne sont pas ces couches feuilletées, mais les moins altérées, qui contiennent les plus beaux cristaux de macles. Ainsi les circonstances qui ont favorisé le développement de la structure feuilletée n'étaient pas les plus favorables à la cristallisation des macles.

Le dipyre, la paranthine, la topaze, l'émeraude et les macles se trouvant à la fois dans des couches dont la structure est très cristalline, et dans des terrains qui ont conservé à peu près leur état originel, nous voyons que les mêmes minéraux ont pu se former dans des conditions très diverses, tantôt au milieu de masses qui paraissent avoir été dans un état de fusion complet (l'émeraude et la topaze des granites), tantôt dans des roches à l'intérieur desquelles se développait en même temps une structure cristalline (la paranthine dans des calcaires cristallins, la topaze, l'émeraude et les macles dans des micachistes ou des gneiss), et tantôt enfin au milieu de couches qui ne changeaient pas sensiblement de nature ni d'aspect.

Macles des Salles de Rohan, en Bretagne.

Revenons aux macles des Salles, en Bretagne : les observations que j'ai faites récemment sur ces cristaux m'ont conduit à y reconnaître des circonstances fort curieuses, desquelles il résulte

(1) C'est une circonstance singulière que les schistes argileux qui contiennent des macles soient presque toujours noirs ou d'un gris noirâtre, colorés par le mélange de matière charbonneuse, d'ampélite ou de particules d'anthracite.

que la cristallisation de ce minéral s'est faite postérieurement au dépôt de la masse schisteuse, et qu'elle a eu lieu à l'époque où cette masse était consolidée, et sans qu'elle ait été ramollie. Les cristaux de macles des Salles affectent deux formes différentes, celles d'un prisme rectangulaire et de prismes rhomboïdaux, dont les angles varient irrégulièrement, sans s'écarter beaucoup de 90° ; ils ont de 2 à 7 centimètres de longueur et de 4 à 12 millimètres de largeur: tantôt ils sont couchés suivant le plan de schistosité de la roche, tantôt leur axe est disposé obliquement ou même perpendiculairement à ce plan, et alors ils traversent plusieurs couches successives. Jamais on ne les trouve dans des druses ou des fentes; ils sont enchâssés au milieu de la masse schisteuse, et semblent remplir des entailles prismatiques ayant les dimensions exactes de chaque cristal.

Ces macles renferment habituellement cinq bandes de matières noires, à section rhombique, qui ont été remarquées depuis longtemps, mais dont la véritable nature était restée inconnue. Les quatre bandes situées suivant les arêtes verticales des prismes ont une forme un peu irrégulière dans le sens de leur longueur; elles sont formées par la substance même du schiste argileux qui pénètre à l'intérieur des cristaux, et qui a conservé sa schistosité disposée de la même manière que celle de la roche adjacente. La cinquième bande, qui est centrale ou disposée suivant l'axe des cristaux, n'a pas la forme d'un prisme, comme on le dit dans les traités de minéralogie (1), mais celle d'une pyramide dont la base est concentrique et parallèle à celle du prisme extérieur. L'épaisseur de cette pyramide va en diminuant d'une manière un peu inégale, mais de façon que les coupes transversales faites à différentes hauteurs donnent des rhombes ou des rectangles dont les côtés sont parallèles à ceux de la base du prisme macleux (pl. VI, fig. 1). On remarque enfin deux filets de matière noire; souvent discontinus, disposés suivant les deux plans diagonaux, et quelquefois (fig. 2) ces filets se confondent avec les quatre bandes latérales de matière noire; dans certains cristaux on voit encore d'autres filets noirs disposés parallèlement aux faces latérales (fig. 3 et 4). Il y a des prismes présentant seulement une pyramide centrale; d'autres, au contraire, n'ont que les quatre bandes situées sur les arêtes, avec des filets diagonaux plus ou moins distinctement marqués.

Au point où sa base se confond avec la roche encaissante, la

(1) *Traité de minéralogie*, par M. Beudant, t. II, p. 45.

pyramide centrale est formée de la même matière tendre et schisteuse que cette roche ; mais de la base au sommet , la substance de la pyramide s'endureit , devient aigre et augmente de densité ; elle prend peu à peu l'aspect de la macle vitreuse , et commence à offrir une indication des deux clivages rectangulaires qui sont propres à ce minéral. On remarque souvent à l'intérieur de la pyramide un mélange intime de macle vitreuse , hyaline et de matière noire provenant de la pâte du schiste non transformée ; quelquefois même on voit sur toute l'étendue du prisme macleux la matière noire former une foule de lits minces et très rapprochés , disposés parallèlement au plan de la base , de sorte que l'on a alors un ensemble de bandes transversales formées alternativement de macle hyaline et de matière noire opaque. Vers une des extrémités du prisme , la pyramide centrale , s'élargissant de plus en plus , remplace entièrement la substance vitreuse : alors elle se réunit avec les quatre bandes latérales , et se confond par sa nature et la disposition de sa texture schisteuse avec la masse environnante : ainsi à un de ses bouts le cristal macleux n'est autre chose qu'un prisme rempli de schiste argileux. D'ailleurs on trouve en beaucoup d'endroits , en Bretagne et dans les Pyrénées , des cristaux de macles imparfaits , n'en ayant que la forme et non la composition , ne contenant pas de substance vitreuse , et formés de matière noire ou grise plus ou moins analogue à celle qui constitue la roche encaissante.

Les macles des Salles nous offrent donc une métamorphose graduelle des éléments du schiste argileux , qui ont été remplacés par une substance homogène , vitreuse et hyaline ; celle-ci est le résultat d'un phénomène épigénique qui , dans quelques cas , a été complet , mais qui , en général , s'est arrêté à une époque plus ou moins avancée de son développement. Les bandes de matière noire qui sont restées nous attestent l'origine première de ces cristaux , et nous montrent que la transformation s'est faite conformément à des lois géométriques. Aux Salles de Rohan , presque toujours les faces des prismes sont recouvertes d'un enduit talqueux d'un jaune clair qui s'étend même jusqu'à l'extrémité , où il n'y a plus que de la matière schisteuse en dedans du prisme ; généralement cette pellicule talqueuse est interrompue par les quatre bandes schisteuses situées suivant les arêtes , et formant continuité parfaite avec la roche adjacente.

D'après plusieurs essais que j'ai faits , la substance vitreuse et hyaline des macles me paraît être identique avec l'andalousite : l'une et l'autre sont infusibles , possèdent deux clivages à angle droit

parallèles aux faces verticales du prisme. La densité de l'andalousite varie de 30 à 31 ; j'ai trouvé 3,085 pour celle de la macle vitreuse des Salles ; la dureté est aussi à peu près la même ; l'une et l'autre raient le verre. Ce qui complète la ressemblance , c'est que l'andalousite est presque toujours recouverte, de même que la macle des Salles, d'une pellicule micacée ou talqueuse. Mais l'andalousite diffère des macles par l'absence de matière noire, et aussi sous le rapport du gisement ; elle ne se trouve jamais dans les schistes argileux , mais seulement dans les gneiss, les micachistes et les roches granitiques. L'andalousite a toujours la forme d'un prisme à base carrée ou rectangulaire ; mais la forme rhomboïdale que présentent beaucoup de cristaux de macles paraît être simplement le résultat d'une oblitération , car les angles des faces ne sont pas constants. La macle vitreuse peut donc être considérée comme de l'andalousite produite par voie d'épigénie ; il est inutile d'ajouter que les macles ordinaires , non hyalines, étant des minéraux épigéniques dans un état de développement plus ou moins avancé, si l'on analysait des cristaux provenant d'une même localité ou de gisements différents, on trouverait des compositions très diverses, ainsi que je l'ai reconnu en essayant ces minéraux au chalumeau ; il n'y a que la substance vitreuse, hyaline, infusible, lorsqu'elle est bien pure, qui puisse offrir une composition constante.

La matière noire qui forme la pyramide centrale possède, près de la base, les propriétés du schiste argileux qui enveloppe les cristaux ; elle est fusible comme ce schiste, mais elle cesse de l'être dans les parties voisines du sommet qui se rapprochent de l'état vitreux. J'ai trouvé pour la densité de cette matière noire 2,987 ; elle doit être un peu variable, mais elle est toujours intermédiaire entre la densité de la macle vitreuse 3,085, et celle du schiste environnant 2,832, que j'ai déterminée sur des portions ne contenant pas de macles.

D'après la disposition du schiste argileux enveloppant les cristaux, qui pénètre à l'intérieur des prismes par une pyramide centrale et par quatre bandes à section rhomboïdale, occupant la position des arêtes et conservant leur structure schisteuse disposée dans le même sens, il est évident que ces cristaux n'ont pu se former lorsque la matière argileuse se déposait à l'état d'un sédiment très fin, mais à une époque où cette matière était déjà consolidée et avait pris sa schistosité. La substance schisteuse qui pénètre à l'intérieur des macles n'offre aucun indice de plissement, ni de ramollissement, pas plus que les lits schisteux traversés par les

cristaux ; ils ne sont ni comprimés ni refoulés, comme cela devrait être si la cristallisation s'était effectuée au milieu d'une masse ramollie. Ce phénomène est évidemment le résultat d'un travail moléculaire qui s'est fait particule à particule, et s'est étendu de proche en proche, des bords vers le centre, et d'une extrémité des prismes à l'autre.

Disposition du disthène et de la staurotide du Saint-Gothard.

La disposition de la staurotide et du disthène au milieu des schistes talqueux du Saint-Gothard est analogue à celle des macles dans le schiste argileux des Salles. Ces schistes sont feuilletés ; mais les feuillets sont couchés parallèlement les uns aux autres, et tellement liés ensemble qu'ils forment pour ainsi dire une masse continue ; leur parallélisme n'a point été dérangé ; ils n'ont été ni plissés ni refoulés par l'effet de la cristallisation.

Staurotide du Finistère.

Il n'en est pas de même de la staurotide que l'on trouve abondamment aux environs de Coray, dans le Finistère ; les cristaux se trouvent au milieu d'une masse feuilletée, micacée, qui paraît être le résultat d'une modification du schiste argileux. Ici les feuillets sont ondulés, contournés et plissés autour des cristaux de staurotide ; il semble qu'au moment où la cristallisation s'est effectuée la roche était un peu ramollie, ou que du moins la matière schisteuse se trouvait dans un état particulier de flexibilité et de compressibilité. Mais on peut aussi se rendre compte de cette disposition, en concevant que les cristaux de staurotide avaient déjà pris leur forme, et étaient susceptibles d'une certaine résistance, au moment où la structure feuilletée s'est développée dans la roche qui était soumise à une pression latérale, et alors les feuillets ont dû se plisser et se contourner autour des cristaux déjà formés : cette seconde hypothèse me paraît plus probable que la première. Remarquons en outre que la staurotide est infusible et que le schiste feuilleté de Coray fond au chalumeau. Le schiste du Saint-Gothard, dans lequel la disposition des lits talqueux n'a point été dérangée par la cristallisation de la staurotide et du disthène, blanchit au chalumeau ; mais sans entrer en fusion.

Macles monochromes des Pyrénées.

Certaines macles des Pyrénées, comparées à celles des Salles, nous offrent le même contraste que la staurotide de Coray, comparée à celle du Saint-Gothard : ce sont des macles dites *monochromes* (d'une seule couleur), ordinairement grises, autour desquelles sont pliés et contournés les feuillet micacés ; on peut concevoir cette disposition de même que celle des staurotides de Coray, comme résultant ou de ce que la cristallisation s'est effectuée au milieu d'une masse molle et flexible, ou bien de ce que les feuillet de mica s'étant développés après la formation des cristaux de macles ont dû se recourber autour d'eux. D'ailleurs la possibilité qu'un même minéral se forme, dans certains cas, au milieu d'une masse susceptible d'être ramollie, dans d'autres cas, sans qu'il y ait aucun ramollissement, ne doit pas nous étonner, car nous en avons déjà cité des exemples. Cette double origine est facile à concevoir, si la cristallisation s'opère sous l'influence de forces électriques, car ces forces pourront donner lieu à une agrégation des particules, sous forme de cristaux, au milieu de masses solides ou pâteuses.

Néanmoins c'est un fait curieux que la macle, la staurotide, le disthène, minéraux qui ont évidemment cristallisé dans les schistes par voie métamorphique, soient infusibles au chalumeau, et que souvent ils se soient formés sans déranger aucunement la schistosité de la roche, qui d'ailleurs était plus ou moins facilement fusible.

Les minéraux métamorphiques sont le produit d'un travail moléculaire.

Les faits que j'ai exposés me paraissent démontrer clairement que la cristallisation des minéraux produits par voie de métamorphisme a pu s'effectuer sans qu'il y eût ramollissement du dépôt qui les contient et sans que la température fût très élevée : il faut conclure qu'il s'est fait un mouvement moléculaire à l'intérieur des roches solides, les minéraux ont pris la forme qui leur est propre, et les combinaisons des divers éléments se sont effectuées dans des conditions de température qui ont dû varier d'une roche à une autre ; dans tel cas, les circonstances étaient favorables au développement de minéraux particuliers, des macles, par exemple, sans que pour cela la roche tout entière devînt cristalline, ailleurs le contraire est arrivé, toute la masse a pris un

aspect cristallin, mais il ne s'y est développé aucun minéral particulier.

Analogie avec le phénomène de la cémentation.

Le travail moléculaire qui s'est produit au milieu des roches, qui en a changé la texture et y a fait cristalliser des substances minérales, bien que ces roches soient restées à l'état solide, me paraît offrir une très grande analogie avec le phénomène artificiel de la cémentation du fer; dans celui-ci on met en présence des barres de fer doux et du carbone pulvérisé; bien que l'on ait en contact deux corps solides qui ne fondent qu'à des températures excessivement élevées, néanmoins le carbone chemine peu à peu au travers du fer, et au bout de quelque temps il a pénétré au milieu des barres. Le fait incontestable de la pénétration du carbone à travers un corps solide qui, dans son état ordinaire, est impénétrable aux liquides et aux gaz, constitue un magnifique exemple de métamorphisme artificiel que nous pouvons reproduire à volonté. Qu'est-ce, en effet, sinon une transmutation d'une substance solide opérée au contact d'un corps étranger et sous l'influence d'une élévation de température?

Dans les métamorphismes naturels, dans la transmutation des roches, le mouvement des molécules s'est effectué tantôt avec intervention d'un corps extérieur qui pénétrait peu à peu dans la roche soumise en même temps à l'action de la chaleur, tantôt sous la seule influence d'une élévation de température; d'ailleurs la pression a pu concourir aussi à produire certains effets.

Métamorphisme avec apport d'élément étranger.

Beaucoup de cas de métamorphisme n'ont pu avoir lieu sans apport d'un élément étranger: ainsi, lorsque la roche modifiée contient des composés chimiques qu'elle ne renfermait pas auparavant, ou qui ne s'y trouvaient que dans des proportions incomparablement plus petites, lorsque les dépôts sédimentaires ont été magnésifiés, silicifiés, etc., lorsqu'ils contiennent une grande quantité de cristaux de condrodite, de tourmaline, etc., c'est-à-dire des minéraux qui renferment, l'un 15 p. 100 de fluor, l'autre 4 à 6 p. 100 d'acide borique, que les éléments introduits au milieu de la roche y aient pénétré à l'état solide, liquide ou gazeux, peu importe quant à la question géologique; il n'est pas nécessaire de s'expliquer leur mode de pénétration, pas plus que l'on ne

connaît en réalité la manière dont le carbone s'introduit à l'intérieur du fer ; le fait essentiel consiste en ce qu'il y a eu passage des particules d'un corps étranger et mouvement moléculaire au milieu de terrains qui, dans certains cas, ont pu se ramollir, mais qui souvent aussi ont conservé l'état solide. Tantôt les particules venant de l'extérieur sont entrées en combinaison avec celles de la masse qu'elles traversaient, tantôt elles n'ont fait que se frayer un passage et former un vide où elles ont cristallisé, car nous verrons par plusieurs exemples que les éléments de la roche métamorphisante se sont quelquefois répandus tout formés au travers de la roche modifiée et sont venus y cristalliser.

Trois cas différents dans le métamorphisme.

Néanmoins beaucoup de phénomènes de cristallisation paraissent s'être produits au milieu des dépôts stratifiés sans apport de l'extérieur, mais par suite d'un travail moléculaire qui s'est développé dans des conditions plus ou moins compliquées, sous l'influence d'une élévation de température variable en raison de la nature du terrain et des effets produits. Le cas le plus simple est celui qui consiste dans un simple changement de texture, dans le développement de la structure feuilletée chez les terrains schisteux, de la structure grenue ou lamelleuse chez les calcaires ; alors il ne s'est formé aucune combinaison nouvelle dans les éléments de la roche ; les particules n'ont fait que s'agréger d'une manière différente. Le second cas est celui où des minéraux dont la substance se trouvait disséminée à l'état pulvérulent à l'intérieur de la roche ont cristallisé par suite d'un effet d'attraction, de groupement des particules de nature semblable : ainsi des roches qui contenaient des détritits très ténus et presque indiscernables de feldspath et de mica ont pu devenir des roches feldspathiques et micacées. Le troisième cas, le plus compliqué, est celui où il y a eu une véritable transformation, où se sont formées de nouvelles combinaisons chimiques entre les éléments de la roche ; ainsi on ne peut considérer les schistes micacifères, les schistes staurotidifères comme contenant des détritits de macle, de staurotide, pas plus que l'on ne peut regarder les calcaires à couzérinite et à dipyre comme contenant lors de leur dépôt la substance qui constitue ces minéraux dans le même état de combinaison où elle est aujourd'hui : comme nous l'avons vu, la substitution graduelle d'une substance vitreuse et hyaline à la matière noire qui constitue

les macles rudimentaires , démontre qu'il y a eu réellement transformation.

Condition d'un très long laps de temps.

Je ne regarde pas comme indispensable dans le développement des actions métamorphiques la condition d'une élévation de température assez forte pour amener les corps à un état de demi-fusion ; l'existence de masses stratifiées très étendues qui renferment des macles , de la staurotide , de la couzérinite , etc. , jusqu'à des distances de plusieurs kilomètres de la roche échauffante et sans présenter dans la disposition des strates et dans l'enchâssement des minéraux la moindre trace de ramollissement , ne permet pas d'admettre que la cristallisation s'est faite sous l'influence d'une demi-fusion. La condition qui me paraît être la plus nécessaire , c'est que les roches aient été maintenues pendant un très long laps de temps dans les circonstances de température , de pression , etc. , favorables au développement des cristallisations métamorphiques ; ce phénomène n'est pas propre à l'instant même de l'éruption des roches pyrogènes ; il s'est prolongé pendant une longue suite d'années , à partir du moment de l'injection du granite ou des autres roches. J'ai observé généralement que là où les masses plutoniques sont peu considérables et où leur refroidissement a dû être rapide , leurs effets ont été peu sensibles et se sont étendus à de petites distances , sauf le cas où les dykes et typhons plutoniques que nous voyons disséminés à la surface représentent pour ainsi dire les rameaux d'une masse considérable qui a exercé son action à distance et en raison de l'étendue qu'elle occupe souterrainement , bien qu'elle n'ait lancé à la surface que des veines ou ramifications insignifiantes en apparence.

Il faut plusieurs jours pour faire pénétrer le carbone à l'intérieur d'une barre de fer de 2 à 3 centimètres d'épaisseur ; combien n'aura-t-il pas fallu d'années pour que des masses de plus de 1,000 mètres d'épaisseur aient été entièrement pénétrées de silice , de magnésie ou de substances alcalines , ou même pour que la transmission de la chaleur se soit faite à de grandes distances à travers des corps aussi mauvais conducteurs que le sont les masses pierreuses ! La pénétration de vapeurs à travers les fissures des roches a pu faciliter ces effets ou en favoriser l'extension sur de grandes masses ; mais cette circonstance n'a qu'une valeur conjecturale et n'est pas nécessaire pour que le mouvement des molé-

eules ait pu se développer. Le métamorphisme paraît résulter d'un travail particulier qui a duré pendant des centaines d'années : si les macles de la Bretagne se montrent sur des zones concentriques aux masses de granite jusqu'à une distance de 2 à 3 kilomètres, cela ne provient pas de ce que les granites ont déterminé instantanément l'incandescence des schistes et des grauwaacks jusqu'à une aussi grande distance, mais de ce que les grandes masses granitiques ont donné lieu à un flux de chaleur continué pendant une longue suite d'années, qui a maintenu les terrains stratifiés environnants à la température qu'exigeait le mouvement des molécules.

On est donc conduit à substituer à l'idée d'une chaleur excessive et de modifications produites brusquement, l'idée d'actions lentes développées pendant un très long temps et à des températures plus ou moins élevées ; le travail particulier n'a pu s'effectuer qu'au moment où la roche a atteint une température déterminée, variable suivant la composition et le mode d'agrégation de ses éléments ; d'ailleurs les effets produits dépendent aussi de l'intensité de la chaleur et de la plus ou moins grande vitesse du refroidissement.

Il ne faut pas exclure le cas où la roche métamorphisée a été fortement ramollie ou même amenée à un état de demi-fusion ; il est même possible que certains minéraux ne se soient formés et n'aient cristallisé qu'à des températures voisines de celle où la roche devenait pâteuse. N'oublions pas que la nature peut procéder par des voies très diverses au développement des combinaisons chimiques et des cristallisations minérales. Nous savons, en effet, que l'on peut produire ce composé cristallin de carbone et de fer qu'on appelle acier de trois manières différentes : 1° en maintenant de la fonte à un état de fusion pâteuse où elle perd peu à peu son carbone et se solidifie graduellement au contact de scories qui lui cèdent à la fois de l'oxygène et du fer ; 2° en fondant ensemble de la fonte et de la limaille de fer ; 3° en mettant en contact du fer et du carbone, tous deux à l'état solide et à une température où aucun d'eux n'entre en fusion ; il y a même une quatrième manière de faire de l'acier, en mettant en contact du fer et de l'hydrogène carboné, c'est-à-dire un composé où le carbone est à l'état gazeux. Il est tout aussi facile de concevoir qu'un même minéral, le disthène, par exemple, se soit formé au milieu des granites, c'est-à-dire au milieu d'une masse pâteuse, au moment de sa solidification, et qu'il ait pu aussi se former dans des roches schisteuses qui sont restées à l'état solide.

Dans ces phénomènes, y a-t-il eu intervention de l'électricité ? Toutes les fois que des corps de natures diverses, unis ensemble, sont exposés à des actions calorifiques, ou plus généralement toutes les fois qu'il y a inégalité dans le mouvement de la chaleur, par suite d'une différence de conductibilité ou par toute autre cause, des courants thermo-électriques se manifestent. Le flux de chaleur qui se dégage de l'intérieur du globe et qui traverse des masses de composition et de conductibilité différentes, donne naissance à de semblables courants; il doit s'en former de beaucoup plus intenses là où des roches en fusion s'introduisent à travers les parties froides de l'écorce terrestre, et ils peuvent concourir au développement du métamorphisme, de même que des actions électriques sont probablement en jeu dans la cémentation du fer. Mais l'électricité seule, sans l'intervention de la chaleur, pourrait-elle produire les principaux effets de transmutation que l'on observe dans les roches ? Si l'on mettait du fer en contact avec du carbone, et qu'on les soumit à des courants électriques, à moins que ces courants ne fussent assez puissants pour donner lieu à une élévation de température, je ne pense pas qu'il y eût cémentation; de même les courants qui traversent actuellement les parties de l'écorce terrestre où ne se manifeste aucune action volcanique sont susceptibles de donner lieu à des mouvements moléculaires d'un certain genre, mais ils me paraissent incapables de produire toutes les combinaisons chimiques, tous les phénomènes de transformation et de cristallisation que l'on observe autour des surfaces de contact des roches plutoniques et stratifiées. Je me borne à constater les conditions où les actions métamorphiques se sont développées, sans préjuger sur la nature des forces physiques auxquelles on doit les attribuer : cependant je suis porté à croire que la chaleur et l'électricité ont agi à la fois, mais de manières différentes; que la chaleur a été plutôt une cause préparatoire et déterminante, qu'elle a amené les masses minérales à un état favorable au travail particulière; peut-être a-t-elle fait naître les forces électriques qui paraissent avoir été principalement en jeu dans le mouvement, la transformation des molécules et leur aggrégation sous forme de cristaux.

Métamorphismes produits à la température ordinaire, sous l'influence des éléments atmosphériques.

Il est plusieurs cas de métamorphisme qui peuvent se produire à la température ordinaire et dont quelques uns se passent même

sous nos yeux ; examinons-les rapidement : deux genres de métamorphisme sont susceptibles de se développer sans l'intervention de la chaleur ; les uns ont lieu avec le concours d'un *cément atmosphérique*, c'est-à-dire à l'aide de l'oxygène, de l'eau et de l'acide carbonique, l'azote jouant un rôle d'inertie dans ces réactions ; les autres sont de simples mouvements moléculaires sans changement dans les combinaisons. Les métamorphismes produits à l'aide de l'oxygène consistent dans l'oxydation des sulfures et des arsénio-sulfures naturels, des matières combustibles, etc. ; mais je n'insiste que sur le phénomène de peroxydation du fer qui est combiné avec les éléments des roches, parce que celui-ci a lieu très souvent sans que la roche se désagrège, sans même qu'elle perde de sa solidité : ainsi de grandes masses de porphyres quartzifères, de vertes ou grises qu'elles étaient, sont devenues des porphyres rouges depuis la surface jusqu'à des profondeurs de plus de 20 mètres, sans que la roche ait cessé d'être solide et sans qu'elle paraisse être perméable aux corps gazeux : or, comment l'oxygène a-t-il pu pénétrer à travers des masses solides jusqu'à une pareille profondeur ? J'ai vu le phénomène de la rubéfaction se produire dans mon laboratoire sur des roches de nature porphyrique que j'avais recueillies près du terrain anthraxifère, aux environs d'Ancenis (Loire-Inférieure). Ces roches étaient d'un jaune vert ; des fragments abandonnés à l'air depuis trois ans sont devenus d'un rouge violacé par suite de la peroxydation du fer, à la vérité sur une très petite épaisseur de moins d'un demi-millimètre ; mais depuis tant de siècles que les roches qui composent la surface de notre planète sont soumises à la cémentation atmosphérique, on conçoit que cette influence oxydante qui s'étend de proche en proche ait pu pénétrer jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur ou même au-delà.

Quant à la cémentation produite sous l'action de l'eau contenue dans l'atmosphère, il y en a des exemples nombreux ; mais je n'en citerai qu'un, celui de la transformation des gîtes de chaux sulfatée anhydre en gypse ou chaux sulfatée hydratée. On a remarqué dans l'exploitation des masses gypseuses métamorphiques qu'à une certaine profondeur le gypse semble quelquefois disparaître pour faire place à de l'anhydrite ; ici l'influence de l'eau s'est fait sentir comme tout-à-l'heure celle de l'oxygène, jusqu'à une assez grande profondeur au-dessous de la surface ; il y a eu non seulement absorption d'eau qui est entrée en combinaison avec le sulfate de chaux, mais encore véritable transformation moléculaire, car le gypse appartient à un autre système cristallin que l'anhydrite.

L'acide carbonique nous offre un fait de cémentation d'un autre genre, qui consiste dans l'endureissement des mortiers employés dans les constructions. On sait qu'il faut plusieurs siècles pour que les mortiers de chaux grasse qui relient les assises de pierres atteignent leur maximum de dureté, c'est-à-dire pour que toute la chaux de ces mortiers se transforme en carbonate. La carbonification, et par suite l'endurcissement, ont lieu d'abord à la surface, puis ils se propagent de proche en proche, mais d'une manière excessivement lente; le phénomène exige, pour être complet, un laps de temps séculaire.

Mouvements moléculaires opérés à la température ordinaire, sans l'intervention d'aucun corps étranger.

Certains phénomènes de métamorphisme ont lieu à la température ordinaire et sans le concours d'un ciment; il en est qui se produisent sous l'influence d'une traction ou d'un mouvement vibratoire auquel sont soumis les corps: tel est le métamorphisme qu'éprouvent le fer, les essieux de locomotive, par exemple, dont la structure a tout-à-fait changé au bout d'un certain nombre d'années, variable suivant la nature du fer et l'intensité des efforts qu'il subit.

D'autres exemples de métamorphisme nous sont offerts par des corps qui ont subi une espèce de trempe: ainsi le soufre, après avoir été coulé dans l'eau, reste mou et flexible pendant quelques jours, puis il reprend peu à peu son état ordinaire. La contraction qu'éprouve dans un laps de trois ou quatre ans le verre avec lequel on a soufflé la boule des thermomètres, les ruptures spontanées des cristaux ou des verres qui n'ont pas été suffisamment recuits, nous offrent de nouveaux exemples des mouvements moléculaires qui peuvent se faire à l'intérieur des corps, même à la température ordinaire.

M. Keilhau, géologue d'un mérite éminent, très bon et très consciencieux observateur, avec lequel je suis tout-à-fait d'accord en considérant les phénomènes de métamorphisme comme le résultat d'actions lentes, M. Keilhau me paraît avoir trop élargi le champ des altérations que peuvent éprouver les corps à la température ordinaire, quand il considère comme le produit d'un métamorphisme à froid (1), non seulement les roches stratifiées et cristallines, mais encore les roches massives que la plupart des

(1) *Gea Norvegica*, par Keilhau, pag 218 et suiv.

géologues actuels regardent comme s'étant injectées à l'état de fusion et à une haute température. L'étude de la chimie nous montre qu'un très grand nombre de réactions, de combinaisons entre les corps, ne peuvent se faire qu'à l'aide d'une élévation de température, et les faits de cémentation, de mouvements moléculaires paraissent être développés, sinon exclusivement, du moins avec une puissance beaucoup plus grande sous l'action de la chaleur. Quelle que soit la manière de l'expliquer, il est incontestable que l'échauffement amène les particules des corps solides à un état qui facilite leur mouvement, qui agrandit leur faculté d'association et de combinaison. On se prive donc d'une intervention puissante dans les phénomènes de transmutation des roches, si l'on restreint l'amplitude de ces phénomènes en les considérant comme s'étant produits toujours à la température ordinaire, d'autant plus que les actions plutoniques, telles que les conçoivent la plupart des géologues, réalisent les conditions d'une élévation de température, non pas subite, instantanée, mais graduelle et longtemps prolongée, par suite du flux de chaleur auquel a donné lieu pendant des siècles le refroidissement des masses ignées un peu considérables.

Mouvements moléculaires opérés à la température ordinaire dans l'écorce terrestre.

Nous avons vu quelques cas de métamorphisme qu'éprouvent les corps sous nos yeux et sans l'action de la chaleur : les terrains qui composent l'écorce terrestre nous offrent aussi de nombreux exemples de ces mouvements moléculaires qui se font à la température ordinaire : ainsi je regarde la plupart des rognons ou masses tuberculeuses contenues dans les terrains stratifiés comme résultant de mouvements particuliers qui ont duré pendant plusieurs années et qui ne se sont pas faits seulement à l'époque où le dépôt sédimentaire se formait, mais encore après qu'il avait commencé à se tasser et à se consolider. Telle me paraît être l'origine des rognons ou tubercules siliceux, calcaires, marneux, ferrugineux et arénacés auxquels on a donné les divers noms de *silex*, *chert*, *chailles*, *septaria*, etc. L'intéressant mémoire qu'a publié M. Virlet (*Bulletin de la Société géologique*, séance du 20 janvier 1845) sur la formation de ces rognons me dispense d'entrer dans des détails circonstanciés sur ce sujet ; j'ai la même manière de voir relativement aux principaux faits qu'a cités ce géologue : je considère ces tubercules comme résultant d'une concentration de matière

siliceuse, calcaire, etc., qui s'est faite autour de centres d'attraction déterminés soit par des corps organisés, soit par des noyaux de nature minérale. La présence de ces tubercules n'est pas propre seulement aux terrains tertiaires ou secondaires, mais souvent aussi on en rencontre abondamment dans les terrains de transition. Je me bornerai à joindre aux faits observés depuis longtemps quelques autres qui sont moins connus, et cela m'amènera à des considérations relatives aux circonstances où se sont produits ces phénomènes.

Tubercules et lentilles calcaires dans le terrain silurien de la Norvège.

L'étage inférieur du terrain silurien de la Norvège présente une succession de couches argileuses et marneuses, formant des assises très épaisses et mélangées de quelques bancs calcaires; elles renferment une grande quantité de rognons ou tubercules aplatis, de forme lenticulaire, ayant de quelques centimètres à 1 mètre au plus de longueur. Ces rognons ne se trouvent pas uniformément répartis dans tous les bancs; il y en a beaucoup dans certaines couches; d'autres, au contraire, n'en renferment pas; ils sont couchés parallèlement au plan de stratification, et affectent ordinairement la disposition en chapelet (voir fig. 5). Souvent ils forment une série de lentilles minces (fig. 6), ayant de 5 à 20 centim. d'épaisseur sur une étendue en longueur de quelques mètres; d'ailleurs ces grandes plaques lenticulaires passent insensiblement à l'état de couches. Ces rognons et ces lentilles sont formés d'un mélange de calcaire et d'argile en proportions diverses; leur couleur est ordinairement moins foncée que celle de la roche adjacente, et par leur teinte d'un gris blanchâtre, ils se détachent nettement des couches argileuses; qui sont d'un gris très foncé. Les tubercules les plus riches en matière calcaire sont quelquefois corrodés par les eaux, et alors les couches prennent un aspect caverneux. Les bancs qui contiennent ces rognons sont formés en majeure partie de détritux argileux ou argilo-quartzeux; leur schistosité est souvent peu prononcée, et on leur donne alors le nom de *thonstein*, ou roches d'argile. Quelquefois ces couches offrent plusieurs plans de fissilité; mais le sens dans lequel sont couchés les rognons aplatis fait toujours connaître le véritable plan de stratification.

La disposition que présentent ces rognons et lentilles me semble résulter, de même que celle des septaria de l'argile de Londres, d'un phénomène de concentration des particules calcaires qui ont été déposées avec les détritux argileux et quartzeux, et d'une ma-

nière très inégale, en quantité très minime dans certaines couches et abondamment dans les couches voisines. Les tubercules d'un même banc, qui sont pour ainsi dire alignés dans un même plan, proviennent de la matière calcaire qui s'y trouvait disséminée, et qui s'est condensée pour ainsi dire autour de certaines zones d'attraction, de manière à former tantôt des rognons réguliers, tantôt de grandes lentilles aplaties. Ces tubercules calcaires ou marneux sont ordinairement plus durs que les couches où ils se trouvent; ils sont grenus, à petits grains, mais non cristallins, à moins qu'ils ne se trouvent dans le voisinage de masses granitiques qui, en développant l'état cristallin dans les tubercules, ont en même temps endurci la matière encaissante.

La disposition des silex de la craie est analogue à celle des rognons que nous venons de décrire; ils forment aussi des bandes parallèles au plan de stratification; mais il y a cette différence de nature, que les silex étant ordinairement formés de silice presque pure, en même temps que la silice se concentrait, elle a dû éliminer la matière calcaire au milieu de laquelle elle se trouvait noyée; il s'est fait là une espèce d'épuration, tandis que le calcaire qui forme les tubercules du territoire de Christiania est rarement pur; il est plus ou moins mélangé de détritux argileux et quartzeux; la tendance à la concentration devait être moins forte que celle de la silice.

Tubercules dans les couches de grauwacke de la Bretagne.

J'ai observé en plusieurs endroits, dans le terrain de transition de la Bretagne, des tubercules particuliers qui montrent que la faculté de s'attirer, de s'agréger en rognons, n'appartient pas seulement à la silice, au carbonate de chaux, au carbonate de fer, etc., mais encore à des détritux pulvérulents, argileux et quartzeux. Souvent, en effet, on observe dans la grauwacke à petits grains de gros cailloux de forme tuberculeuse, amincis et renflés (voir fig. 7), ayant de 1 à 2 décimètres de longueur; quelques uns sont ovoïdes, et pourraient être confondus avec des cailloux roulés; ils sont habituellement durs et tenaces, d'une couleur grise et d'un gris verdâtre, formés de détritux pulvérulents, les mêmes détritux qui composent la grauwacke adjacente, et ordinairement sans apparence de schistosité. La partie centrale de quelques uns de ces tubercules est occupée par une concrétion de peroxyde de fer, et quelquefois à leur surface se trouve une croûte ferrugineuse de 1 millimètre d'épaisseur; beaucoup sont recouverts d'une envc-

loppe de matière schisteuse luisante ou pailletée. Aux environs de Pléchatel, dans l'Ille-et-Vilaine, et près de Braspars, sur la route de Quimper à Morlaix, cette disposition tuberculeuse de la grauwacke se montre fort développée.

On rencontre aussi fréquemment dans les schistes ardoisiers de la Bretagne et dans les schistes anthraxifères des nodules ovoïdes, aplatis, ayant quelquefois jusqu'à 0^m,40 de diamètre, formés de la même pâte que le schiste, mais plus fortement agrégée, plus dure, plus tenace, offrant encore une faible indication de texture schisteuse. Si on casse ces nodules, on y remarque souvent une empreinte de fossile, un Trilobite, ou une Térébratule, etc., qui paraît avoir été un centre d'attraction.

Il est difficile de dire avec certitude si ces tubercules se sont formés à l'époque où les couches de grauwacke et de schistes qui les contiennent étaient tout-à-fait consolidées, ou avant qu'elles eussent éprouvé un tassement complet; cependant il semble qu'en général ces rognons avaient déjà pris leurs formes, lorsque s'est développée la schistosité de la roche; car ils ne coupent pas d'une manière nette les lits schisteux, souvent ceux-ci se recourbent à leur approche, et quelquefois les rognons eux-mêmes sont recouverts d'une enveloppe schisteuse où l'on voit briller, de même que dans le schiste environnant, une multitude de paillettes luisantes. J'ai remarqué, il y a déjà plusieurs années, que les rognons de fer carbonaté du terrain houiller de Saint-Étienne sont quelquefois entourés d'une enveloppe de schiste houiller noirâtre, se divisant même en feuillets concentriques.

Observations sur les Phtanites.

Parmi les phénomènes d'agrégation moléculaire opérés à la température ordinaire ou à des températures peu différentes, doit être rangée la production des phtanites ou des quartz compactes, jaspés, du terrain de transition. Il y a des jaspes qui se rattachent aux schistes siliceux, modifiés au contact des roches massives; mais ceux dont je veux parler maintenant ne paraissent être en rapport avec aucune roche plutonique, et ne résultent point de la silicification des schistes; ils forment çà et là des masses lenticulaires qui semblent interstratifiées au milieu du terrain de transition; on en trouve une grande quantité dans toute la zone paléozoïque qui s'étend de l'E. à l'O. au N. de Nantes, et qui embrasse le terrain anthraxifère. Elles sont formées de quartz compacte, à cassure inégale, quelquefois un peu schisteuse, offrant une dispo-

sition rubanée, et présentant une alternance de zones diversement colorées : les unes opaques, noirâtres, d'un gris foncé ; les autres d'un gris clair ou blanchâtre et plus ou moins translucides. Ces phthanites forment habituellement des lentilles entremêlées de lits schisteux, ainsi que le montre la figure 8, prise auprès du bourg de Riaillé (Loire-Inférieure). Ces lentilles ont de 5 à 20 centimètres d'épaisseur, et tendent souvent à se diviser en plaques concentriques ; les lits schisteux qui les séparent sont feuilletés, d'un gris brunâtre, et se délitent promptement au contact de l'air.

Quelquefois le phthanite a lui-même une structure schisteuse bien prononcée ; il se divise en plaques ondulées bifurquées, dont la disposition est représentée par la coupe (fig. 9) que j'ai dessinée près du bourg de Belligné, lors d'une excursion faite avec MM. Viquesnel et Audibert.

Quelques personnes pourraient considérer les phthanites comme étant le produit de matières siliceuses introduites de bas en haut entre les roches de transition ; mais les caractères de leur gisement et le passage remarquable qui a lieu quelquefois chez les phthanites de l'état compacte à la structure grenue, du quartz compacte au quartzite, ainsi qu'on le voit sur les buttes de Pannecé, montrent que la silice des phthanites résulte, comme celle des silex, d'un mouvement d'agrégation qui n'a pas donné lieu à la forme en rognons, mais à la forme lenticulaire ; d'ailleurs les masses de phthanite, si l'on examine leur contour, ne sont pas autre chose que d'énormes tubercules lenticulaires, qui ont quelquefois près de 100 mètres d'épaisseur, et qui, à la manière du silex, mais beaucoup plus en grand, se montrent distribués de distance en distance suivant un même plan de stratification. Cet état d'agrégation de la silice en masses compactes paraît s'être produit avant que la schistosité de la roche se fût développée, car les lentilles de phthanite sont souvent un peu schisteuses, et contiennent des lits de schiste intercalés ; elles se rencontrent dans des roches très différentes, dans les schistes argileux, dans les grauweekes à petits grains et dans les quartzites ; c'est alors qu'il y a un passage du phthanite au quartzite. Malgré l'état compacte du phthanite, il est facile de reconnaître que très souvent il est traversé par une multitude de veines et filets ramifiés de quartz blanc, fortement translucide ou hyalin. Les schistes qui contiennent les masses de phthanite sont quelquefois modifiés, feuilletés, et la cause qui a produit cette modification peut avoir contribué à augmenter la compacité du phthanite ou à en modifier la structure ; mais le mouvement d'agrégation moléculaire qui a constitué ces lentilles

me paraît en être indépendant et analogue à celui qui a produit les silex.

D'ailleurs, aux phthanites viennent se rattacher les bancs de quartz compacte que l'on trouve quelquefois interposés au milieu des couches palæozoïques : ainsi, près de Juigné, aux environs de Sablé, j'ai remarqué dans les assises calcaires associées au terrain anthraxifère, plusieurs bancs d'une espèce de quartz compacte, d'un gris clair et d'un gris rougeâtre, tenant par sa cassure et son facies le milieu entre les phthanites ordinaires et les silex ; ces bancs sont un peu ondulés ; ils ont une épaisseur de 0^m05, à 1 mètre, et partagent la stratification des couches calcaires où ils sont placés.

Développement de la fissilité propre aux ardoises.

Parmi les phénomènes de métamorphisme qui paraissent être susceptibles de se produire sans l'intervention d'une forte chaleur, je citerai celui qui a développé la fissilité propre aux ardoises. A l'époque où il s'est produit, les roches schisteuses pouvaient posséder une température plus élevée que celle qui existe actuellement à la surface de la terre ; mais du moins c'était une température générale pour toutes les roches stratifiées des terrains palæozoïques qui n'était point particulière aux couches ardoisières, et qui n'a point été déterminée par la proximité de masses pyrogènes visibles à la surface. En effet, les observations que j'ai faites dans l'ouest de la France m'ont démontré que le développement de ce genre de fissilité n'affecte aucunement le voisinage des roches plutoniques. Les gisements d'ardoises appartiennent à des bandes plus ou moins continues, dont quelques unes ont de 15 à 20 lieues de longueur, et qui sont disposées dans le sens de la stratification des couches ; elles ne sont en rapport ni avec le granite, ni avec les porphyres quartzifères, ni avec les diorites ; il s'en trouve dans le voisinage de ces roches, mais alors c'est une circonstance accidentelle ; car dans le bassin schisteux de plus de 30 lieues de largeur qui, sous les méridiens de Nantes et de Rennes, sépare les deux bandes granitiques du nord et du midi de la Bretagne, j'ai reconnu l'existence de cinq grandes bandes ardoisières diversement espacées, et il y en a aussi bien au milieu du bassin que sur les bords.

Différences entre le plan de fissilité et le plan de stratification.

Le développement de la fissilité ardoisine s'est fait habituelle-

ment suivant la direction des couches, à peu près E.-O. (méridien astronomique), ou O. quelques degrés N. ; mais le plan de fissilité diffère souvent du plan de stratification sous le rapport du pendage, il est différemment incliné à l'horizon; cela se reconnaît très bien par la présence de couches quartzeuses ou de couches de grauwacke intercalées au milieu des schistes, et qui montrent quel est le sens de la véritable stratification. D'ailleurs cette discordance entre le plan de stratification et le plan principal de clivage (car il y en a fréquemment plusieurs) ne se montre pas seulement dans les schistes ardoisiers, je l'ai observée dans toutes les roches stratifiées des terrains paléozoïques de l'ouest de la France, dans les grauwackes, dans les schistes divers ou phyllades, dans les calcaires et dans les quartzites : les exemples sont beaucoup moins fréquents dans les quartzites et les calcaires que dans les grauwackes ou les schistes, et je n'en ai jamais remarqué là où les calcaires et les quartzites sont parfaitement purs, mais seulement quand ces roches sont mélangées d'un peu de matière schisteuse ou argileuse, comme si le développement de la fissilité oblique n'avait pu se faire qu'à l'aide de cette matière.

Conditions nécessaires à la formation des ardoises.

Le plan de clivage des ardoises coïncide souvent avec le véritable plan de stratification, non seulement en direction, mais aussi en inclinaison, comme le montrent les trilobites aplatis qui sont alors couchés dans le plan de fissilité. Néanmoins la fissilité propre aux ardoises n'est qu'un cas particulier de celle qui s'est produite dans les autres roches de transition, et la qualité ardoisière paraît tenir principalement au degré de finesse, et à la manière dont se trouvaient agrégées les particules du schiste argileux, avant qu'il fût soumis à l'action fissilisante. Il faut que la roche ardoisière présente d'abord un plan de clivage de beaucoup prédominant, puis une certaine dureté, une cohésion et une ténacité assez grandes pour se laisser fendre suivant des plaques larges et minces tout à la fois : or, ces conditions n'ont pu se réaliser que dans les couches où les particules étaient très fines, homogènes et fortement agrégées. La disposition des ardoises en bandes allongées parallèlement à la stratification provient surtout de ce que ces bandes sont composées d'un ensemble de couches qui par leur nature offraient les conditions les plus favorables au moment où se sont développées les forces de fissilisation. D'ailleurs les ar-

doisières qui sont situées sur une même zone ne forment pas une ligne tout-à-fait continue, mais une espèce de chapelet; c'est-à-dire qu'entre deux groupes d'exploitations il y a des intervalles stériles où le schiste ardoisier existe cependant, mais sans présenter les caractères nécessaires pour fournir de bonne ardoise.

Disposition remarquable du gisement des ardoises.

Dans plusieurs carrières situées sur un même groupe, et qui paraissent ouvertes sur un même plan de stratification, le banc qui est exploité comme donnant la meilleure ardoise semble quelquefois passer d'une couche à une autre : ainsi dans les importantes carrières des environs de Châteaulin (Finistère), on a reconnu qu'au milieu d'un ensemble de couches ardoisières, la veine de bonne ardoise est souvent disposée dans un sens oblique relativement à la stratification et au plan de clivage, et alors les exploitations ne sont pas approfondies dans le sens même du plan de clivage, mais obliquement. Ainsi, malgré la disposition allongée des bandes ardoisières suivant la direction du terrain, les forces qui se sont développées sur un ensemble de couches, présentant à peu près les mêmes conditions de composition, de finesse de grain et de texture, ont agi très inégalement d'un point à un autre; et si ces forces étaient de nature électrique, on pourrait les concevoir comme ayant formé des courants qui se sont propagés en général dans le sens de la direction des couches, mais en suivant des lignes sinueuses et en variant d'intensité d'un point à un autre. Probablement aussi l'influence de la pression a contribué à faire naître le genre de fissilité propre aux schistes ardoisiers.

Remarques sur les épigénies.

Avant de terminer ce qui concerne les phénomènes de métamorphisme produits à des températures peu différentes de la température ordinaire, ajoutons quelques mots sur les épigénies, c'est-à-dire sur les métamorphoses résultant de la substitution d'un corps à un autre : elles ont lieu par suite de mouvements moléculaires fort difficiles à expliquer ou même à concevoir, mais elles ne paraissent pas avoir toujours été déterminées par le passage des corps à l'état liquide ou à l'état gazeux. Dans la minéralisation des végétaux, des substances de natures très diverses se sont substituées à la matière organique : dans certains cas de la

silice est venue remplacer molécule à molécule le tissu des végétaux, et alors les détails les plus délicats de leur structure ont été conservés; on peut concevoir la silice comme s'étant précipitée d'un liquide, ou comme ayant pénétré à l'état gélatineux, et ayant donné lieu à une élimination graduelle de la matière organique; mais déjà cette expulsion ne peut être expliquée par les réactions ordinaires de nos laboratoires. Les végétaux ont aussi été remplacés par des détritits arénacés, quartzeux, argileux, et même par des détritits de nature porphyrique (dans la pierre carrée des bords de la Loire). Ici les particules n'étaient pas dans un état de ténuité suffisant pour que le tissu intérieur se soit conservé, mais elles se sont moulées à l'intérieur du végétal, et ont pris l'empreinte de la couche extérieure. Ce moulage doit être le résultat d'une substitution lente et graduelle, et non pas d'une simple compression ou d'un refoulement, car alors la forme extérieure de la tige végétale aurait été détruite.

Le grès cristallisé de Fontainebleau nous offre aussi un singulier exemple d'aggrégation de détritits arénacés; ce sont des grains de sable qui ont été agglutinés par un ciment de chaux carbonatée et qui se sont agglomérés de manière à prendre la forme de rhomboèdres. Si on casse l'intérieur d'un de ces cristaux, on reconnaît qu'il présente les trois clivages du spath calcaire plus ou moins nettement marqués; mais c'est dû à l'existence du ciment calcaire qui donne à l'agrégat des grains quartzeux une apparence porphyrique; on voit, dans la cassure, une foule de petits grains de quartz gris, ternes, entourés de chaux carbonatée blanche, brillante et possédant des clivages très prononcés; mais si on met les cristaux en contact avec un acide, la chaux carbonatée se dissout, les clivages s'effacent peu à peu, toute la masse se désagrège et ne forme plus qu'un sable très fin.

Exemples de métamorphisme produit artificiellement sous la seule action de la chaleur.

Maintenant nous allons examiner la seconde classe des phénomènes de métamorphisme; nous allons voir quelles transmutations peuvent éprouver les substances minérales à l'aide d'une élévation de température, tantôt sans l'intervention d'un ciment, tantôt avec le concours de corps étrangers. Jetons d'abord un coup d'œil sur les métamorphismes qui se produisent sous la seule action de la chaleur. Je ne m'étendrai pas sur le cas où les masses minérales sont amenées à l'état de fusion; on sait que l'on fait

cristalliser artificiellement du pyroxène et du périclase (1), de l'idocrase, du grenat (2) et du rubis (3); que des scories de fourneaux métallurgiques ont offert accidentellement des cristaux de feldspath et du mica (4); on sait aussi que le zinc, le bismuth et la plupart des métaux peuvent cristalliser ou changer de structure suivant les circonstances où s'opère leur refroidissement. Dans les roches métamorphiques qui ont éprouvé une demi-fusion, les minéraux ont pu cristalliser d'une manière analogue; mais, comme nous l'avons vu, beaucoup de roches modifiées ont pu donner naissance à des cristallisations sans être cependant ramollies. Citons quelques exemples artificiels qui prouvent que les substances peuvent cristalliser sans éprouver de fusion. Si l'on expose une substance métallique, telle que de l'acier ou du fer, à une température insuffisante pour en déterminer le ramollissement, il pourra se produire des changements dans sa structure, soit pendant qu'elle est échauffée, soit pendant qu'elle se refroidit. Je pourrais invoquer ici une expérience faite au Creusot et déjà citée par M. Élie de Beaumont (5): une verge de fer était tenue pendant quelque temps plongée par une de ses extrémités dans un bain de fonte, puis on la laissait se refroidir; dans la partie chauffée au rouge, elle était devenue cassante, largement cristalline et à grandes facettes, tandis que dans l'autre partie elle avait conservé sa ténacité et sa texture fibreuse. Tout le monde sait combien la texture du fer et de l'acier est modifiée par le forgeage et le laminage, c'est-à-dire par des opérations où on soumet ces corps à une forte pression pour rapprocher les molécules, après qu'ils ont été portés à la température où le mouvement moléculaire peut s'effectuer. Le soudage du fer sur le fer consiste dans la réunion, l'agrégation des particules d'une barre avec celles d'une autre barre à une température déterminée, mais bien inférieure à celle de la fusion du fer.

Je puis rappeler ici cette expérience que, si l'on chauffe de l'aragonite à une faible chaleur rouge, elle se gonfle, tombe en poussière et se change en chaux carbonatée rhomboédrique, c'est-à-dire en un corps dont la forme moléculaire est tout-à-fait différente. En outre, les expériences de M. Mitscherlich (6) sur le sulfate de

(1) Mitscherlich, *Annales de Poggendorf*, vol. XXXIII, p. 340.

(2) Mitscherlich et Berthier, *Annales de physique et chimie*, t. XXIV, p. 376.

(3) Gaudin, *Comptes-rendus de l'Académie*, t. IV, p. 999.

(4) *Annales de Poggendorf*, 1845, vol. XXXIII, p. 337.

(5) *Annales des mines*, 3^e série, t. V, p. 64.

(6) *Annales de Poggendorf*, vol. XI, p. 328.

chaux et d'autres substances minérales ont montré que les molécules intérieures d'un corps solide peuvent, sous l'action de la chaleur, prendre des arrangements différents, sans que la forme extérieure soit modifiée. D'ailleurs les phénomènes de décrépitation que l'on observe quand on chauffe certains minéraux au chalumeau sont probablement aussi le résultat d'un changement dans le mode d'agrégation des particules.

Citons enfin une expérience devenue classique, mais à laquelle on a donné une interprétation qui ne paraît pas être tout-à-fait exacte : c'est celle de la cristallisation de la craie dans un canon de fusil que l'on soumet à une chaleur rouge. On l'explique habituellement par une fusion ou un ramollissement de la masse : cependant cette condition n'est pas nécessaire. J'ai remarqué sur des fours à chaux des fragments calcaires dont l'intérieur avait échappé à la décomposition, et qui avaient commencé à prendre une texture cristalline sans qu'il y ait eu fusion. Les débris organisés que l'on rencontre quelquefois dans les calcaires cristallins montrent qu'ils n'ont pas été fondus, autrement ces empreintes seraient très oblitérées ou même tout-à-fait détruites.

Les nombreux exemples que nous avons cités nous autorisent donc à regarder comme s'étant développées, sous l'influence d'une élévation de température plus ou moins grande et longtemps prolongée, la structure grenue, saccharoïde ou lamelleuse des calcaires, la structure feuilletée des schistes et la cristallisation de certains minéraux dont les éléments proviennent de la roche stratifiée, tels que le mica, la staurotide, le disthène, etc. Si l'on ne peut reproduire qu'avec difficulté et dans un petit nombre de cas l'aspect cristallin et les minéraux métamorphiques des terrains modifiés, très probablement cela ne dépend pas de ce que nous ne pouvons réaliser une élévation de température suffisante, mais de ce que nous ne pouvons maintenir les roches exposées assez longtemps à l'action de la chaleur en réunissant les circonstances de pression, de refroidissement lent et les actions développées au contact de corps de natures différentes ; de même que si, par voie de fusion, on ne peut faire cristalliser qu'un petit nombre des minéraux contenus dans les roches ignées, c'est que, après avoir fondu ces roches, on ne peut les maintenir dans des conditions où leur refroidissement soit séculaire comme celui des masses plutoniques.

Exemples de métamorphisme artificiel exigeant une élévation de température et le concours d'un ciment.

Le métamorphisme qui exige une élévation de température et la présence d'un corps jouant le rôle de ciment est appuyé sur beaucoup de faits et d'expériences artificielles. J'ai déjà cité la cémentation du fer; décrivons maintenant les phénomènes curieux que présente l'oxydation des sulfures de fer et de cuivre. Certaines pyrites de fer se décomposent d'elles-mêmes à l'air, en absorbant l'oxygène; mais il n'en est pas ainsi de la pyrite de cuivre, elle ne se décompose qu'à l'aide de la chaleur. Dans le grillage des minerais de cuivre et des mattes, il se produit un phénomène moléculaire fort remarquable qui sert de base à un procédé métallurgique employé depuis de longues années aux mines de cuivre de Røraas, les plus importantes de la Norvège. Le minerai de cuivre des deux gîtes de *Kongens* et de *Foldal* consiste en pyrite de fer massive et presque sans gangue, contenant environ 2 p. 100 de cuivre, mais mélangé d'une manière si intime, que ni à l'œil ni à la loupe on ne peut découvrir la présence du cuivre pyriteux au milieu de la pyrite de fer. Le minerai, cassé en fragments de la grosseur du poing, est grillé en tas sur un lit de bois. Pendant le grillage, qui dure environ deux mois, l'oxydation s'effectue graduellement de la circonférence vers le centre, mais l'oxygène se porte de préférence sur le sulfure de fer; le sulfure de cuivre y échappe pour la majeure partie; à mesure que l'opération avance, il se fait une espèce de liquation, le sulfure de cuivre se sépare de l'oxyde de fer qui reste à l'état solide, et il vient se réunir à la partie centrale du fragment, en formant un noyau composé de soufre, de cuivre et de fer, ne renfermant pas du tout d'oxyde, et qui est d'autant plus riche en cuivre que le grillage a été poussé plus loin et que le noyau a un volume plus petit. Le procédé métallurgique, très simple d'ailleurs, consiste à briser et à séparer à la main la zone extérieure d'oxyde de fer (oxydulé mélangé de peroxyde) qui retient toujours un peu de cuivre, et où il y en a quelquefois à l'état métallique.

Métamorphisme naturel produit sous l'action de la chaleur et avec intervention d'un corps étranger.

Les transformations qui ont eu lieu dans la nature à l'aide de la chaleur et d'un corps étranger sont de deux espèces : souvent la

roche est devenue cristalline sans que ses éléments essentiels aient changé de composition, seulement les particules qui ont pénétré dedans y ont fait naître des minéraux particuliers qui ont cristallisé çà et là : ainsi des calcaires sont devenus cristallins ; il s'y est développé de l'apatite, de la chaux fluatée, de la tourmaline, etc. Dans le second cas, l'élément étranger qui a pénétré à l'intérieur de la roche l'a transformée complètement ; suivant sa nature, il a déplacé l'acide ou la base : ainsi, dans les gypses métamorphiques, l'acide carbonique a été déplacé par de l'acide sulfurique ; dans la production des dolomies, c'est une partie seulement de la chaux qui a été éliminée et remplacée par de la magnésie.

Un savant distingué, M. Fournet, a contesté dernièrement les phénomènes de dolomitisation décrits depuis longtemps par M. de Buch, et qui, illustrés par le célèbre géologue, avaient ouvert la voie à une série d'observations destinées à agrandir la théorie du métamorphisme. N'ayant pas visité le Tyrol, qui fait l'objet des discussions de M. Fournet, je me borne à maintenir, d'après les faits que j'ai observés, que le calcaire a été fréquemment transformé en dolomie dans le voisinage de roches plutoniques. Les masses de dolomie que j'ai vues dans les Alpes me paraissent avoir cette origine, et j'en ai cité plusieurs exemples dans les Pyrénées (1) sur lesquels je ne puis avoir le moindre doute.

Le corps étranger qui a servi de ciment peut provenir de deux sources.

L'élément étranger qui a donné lieu à la formation de nouvelles combinaisons minérales dans les roches, à l'expulsion de leur acide ou de leur base, peut provenir de deux sources : il peut être émané de la roche pyrogène elle-même, à l'époque où elle s'est injectée à l'état de magma, et pendant tout le temps qu'a duré son refroidissement : ainsi on conçoit aisément que les masses feldspathiques aient joué, relativement aux dépôts stratifiés environnants, le rôle de ciment siliceux et alcalifère, qu'elles les aient silicifiés et y aient fait cristalliser des silicates d'alumine, de chaux, de potasse et de soude. Néanmoins l'agent de la cimentation a pu ne pas émaner directement de la roche plutonique elle-même, mais sortir, comme elle, du laboratoire souterrain, et profiter des issues qu'elle lui ouvrait. Ainsi je ne pense pas que la magnésie, qui a transformé les calcaires en dolomies, même dans les régions à

(1) *Ann. des mines*, 4^e livraison de 1844, p. 82.

Soc. géol., 2^e série, tome III.

mélaphyre, puisse provenir de ces roches elles-mêmes, bien qu'elles en renferment une petite quantité; car les dolomies ne se rattachent pas seulement à des roches qui contiennent quelques centièmes de cette base, comme les mélaphyres et les roches amphiboliques, mais elles sont aussi en connexion avec des granites où la quantité de magnésie n'atteint pas 1 p. 100, et qui évidemment n'ont pu dolomitiser de grandes masses calcaires : c'est encore plus évident pour le cas de la transformation des calcaires en sulfate, les roches plutoniques ne renfermant pas d'acide sulfurique, ne possédant du soufre qu'à l'état de sulfure, de pyrite de fer principalement, et en quantité beaucoup trop minime pour expliquer la formation des masses considérables de gypses métamorphiques que l'on trouve dans les Pyrénées et dans les Alpes.

Rôle des roches pyrogènes dans la production des dolomies et des gypses.

Les roches ignées n'ont donc pas toujours servi de ciment; mais, par leur contact, elles ont donné lieu à une élévation de température dans les terrains environnants, les ont ainsi amenés à un état favorable aux mouvements moléculaires et aux combinaisons chimiques; par le fait de leur injection, elles ont déchiré l'écorce terrestre et ouvert une issue aux émanations sulfureuses et magnésiennes, qui ont joué le rôle de ciment, en arrivant au contact des roches stratifiées. La production des dolomies et des gypses dans le voisinage des roches pyrogènes est liée aux mêmes causes qui déterminent le dépôt des substances métalliques dans des circonstances de gisement analogues; mais on conçoit que, dans la production de ces phénomènes, les roches massives n'ayant pas joué elles-mêmes le rôle de ciment, les zones magnésifiées ou sulfatées, de même que les gîtes métallifères, ne doivent pas former autour des masses ignées des bandes concentriques comme celles des schistes modifiés; elles ont une allure moins subordonnée à ces masses, bien qu'elles se trouvent aussi dans leur voisinage.

Les dolomies se trouvent dans des terrains d'âges très différents.

La production des dolomies donne lieu à d'autres remarques : elles se trouvent dans des terrains d'âges très différents, et en connexion avec des roches plutoniques de natures diverses : ainsi, dans le nord de l'Europe, beaucoup de masses calcaires associées au gneiss, au schiste micacé ou amphibolique, et situées dans le voi-

sinage du granite, offrent la composition de la dolomie ou de calcaires dolomitiques : or, tout cet ensemble de roches est certainement antérieur à la période silurienne. Les Pyrénées nous offrent des dolomies dans des calcaires appartenant à toutes les formations géologiques de cette chaîne de montagnes ; on en voit au port de Vénasque, sur le massif de la Maladetta, dans la vallée d'Ossau, etc., au milieu des calcaires de transition ; sur les montagnes qui séparent la vallée de Vicdessos de celle d'Aulus, dans le calcaire liasique, et en beaucoup d'endroits dans du calcaire crétacé et tertiaire. M. Dufrénoy a décrit des dolomies en contact avec les ophites ; j'en ai aussi remarqué dans cette position, et aussi en contact avec de la lertzolite. Les plus grandes masses dolomitiques que j'ai observées se trouvent au voisinage des granites, et il y a probablement des granites d'âges différents.

Dans les Alpes, les mélaphyres, les serpentines, les vario-lites, etc., paraissent avoir concouru à produire les dolomies, et peut-être aussi les roches granitiques. Enfin les basaltes qui traversent les calcaires tertiaires de l'Auvergne et du midi de la France les ont souvent changés en dolomie près de leur contact.

Ainsi la magnésification ou transformation des calcaires en dolomie s'est produite à des époques différentes et au contact de roches pyrogènes très variées, granitiques, amphiboliques, pyroxéniques, serpentineuses, etc. Il semble que les émanations magnésifères se soient produites dès les anciens âges, et jusqu'aux époques les plus modernes.

Sur la manière dont s'est effectuée la dolomitisation.

D'ailleurs, pour que le phénomène de la dolomitisation se soit produit, il n'est pas nécessaire que les masses calcaires soient entrées en fusion, et il est même probable que généralement ce n'est pas arrivé ainsi, à en juger d'après les polypiers des dolomies de l'Eifel, qui se sont bien conservés, quoique ayant subi eux-mêmes la magnésification. Je n'insiste pas sur la manière d'expliquer le métamorphisme dolomitique ; cela me paraît être un cas particulier des phénomènes de cémentation ou d'épigénie, produit sur une très grande échelle ; et si l'on est forcé d'admettre les épigénies dans le cas de simples cristaux, dans le cas de la silicification des végétaux, bien qu'on ne puisse aucunement les expliquer, rien n'empêche de les admettre pour des masses d'une grande épaisseur, lorsque le fait nous est démontré par l'observation ; d'ailleurs nous verrons plus loin des exemples de silicification produits aussi sur

une très grande échelle. La question de savoir à quel état la magnésie a été amenée en contact avec les masses calcaires est pour moi une question secondaire ; car l'expérience nous apprend que la cémentation peut s'effectuer au contact de ciments solides et gazeux. L'ingénieuse hypothèse de l'introduction de la magnésie en vapeur à travers les fissures de la roche n'a donc d'autre avantage que de rendre plus rapide la transformation sur de grandes masses ; elle expliquerait le phénomène, s'il y avait eu simplement addition de magnésie à la chaux ; mais il y a eu action moléculaire et véritable épigénie ; car chaque molécule de magnésie a donné lieu à l'élimination d'une molécule de chaux ; et cette base a disparu de même que les corps remplacés par épigénie, c'est-à-dire par un mouvement moléculaire que nous sommes obligés d'admettre, mais que nous ne pouvons pas expliquer.

Sur la production des gypses.

La production des gypses, comme celle des dolomies, n'est pas liée d'une manière absolue à la présence d'une seule roche plutonique ; en effet, elle a eu lieu, dans les Alpes, au contact des roches serpentineuses et pyroxéniques, des variolites, des spilites, etc. ; dans les Pyrénées, c'est au contact des ophites ou roches amphiboliques. Mais il est des gîtes de chaux sulfatée dans le voisinage desquels on ne voit affleurer que du granite ; cette roche peut aussi avoir contribué, indirectement peut-être, à la formation des gypses. Il est probable que, dans ce phénomène, les roches ignées ont joué à peu près le même rôle que dans celui de la dolomitisation, qu'elles ont chauffé les roches avoisinantes, et par les déchirures qu'a produites leur éruption, elles ont ouvert des issues par où les substances sulfureuses sont arrivées en contact avec les calcaires.

Comme l'acide sulfurique est volatil et l'acide carbonique gazeux, le phénomène de sulfatation des calcaires semble plus facile à concevoir, et soulève moins d'objections que celui de la magnésification. Cependant les réactions n'ont probablement pas été aussi simples qu'elles le paraissent, et il a dû y avoir intervention d'une très forte pression ou développement d'actions moléculaires ; car l'aspect cristallin et l'état d'aggrégation des gypses métamorphiques ne ressemblent aucunement à ce que l'on pourrait produire en mettant en présence de l'acide sulfurique libre et du calcaire.

Phénomènes de sulfatation actuels.

La nature nous offre des phénomènes de sulfatation qui se passent encore aujourd'hui, mais par des réactions compliquées ; en effet, les gaz qui se dégagent à travers les formations trachytiques de l'Italie, et qui décomposent le feldspath pour donner lieu à une combinaison de la potasse avec l'acide sulfurique, ne contiennent cependant pas cet acide tout formé ; ils sont composés de vapeur d'eau mélangée d'acide sulfhydrique, et c'est par suite de réactions opérées avec le concours de l'oxygène de l'air que l'acide sulfurique prend naissance. L'acide sulfhydrique, en se décomposant au contact de l'air, donne lieu à un dépôt de soufre qui est exploité à la solfatare de Pouzzoles ; mais une partie du soufre entre en combinaison avec de l'oxygène, et donne lieu en définitive à de l'acide sulfurique qui décompose la matière feldspathique du trachyte. On ne peut savoir quel serait l'état d'aggrégation de la roche, si le phénomène se produisait à de grandes profondeurs et sous une forte pression ; mais, à la surface, la roche trachytique qui a subi ces réactions est devenue tout-à-fait friable, et se désagrège très facilement.

Sur l'origine des cargnieules associées aux gypses.

L'origine des alunites de l'Italie nous montre que les gypses métamorphiques peuvent bien ne pas avoir été produits par l'action directe d'acide sulfurique en vapeur sur le calcaire, et que peut-être ils résultent de réactions plus complexes. Quant à la présence de ces masses cariées et cavernueuses, habituellement dolomitiques et désignées sous le nom de *cargnieules*, que l'on trouve mélangées avec les masses de gypses, elle peut provenir de ce que la dolomie se décompose plus lentement que le carbonate de chaux pur, sous l'action des acides ; si donc on suppose un mélange de masses calcaires et dolomitiques, ou plus simplement une masse calcaire renfermant dans ses diverses parties des proportions inégales de magnésie, cette masse étant exposée à des réactions qui tendent à transformer les carbonates en sulfates, leur effet se fera d'abord sentir sur le calcaire le plus pur, et si les réactions ne durent qu'un temps limité, il pourra rester des masses dolomitiques interposées au milieu des gîtes de chaux sulfatée.

Observations sur le gisement des minéraux qui ont cristallisé dans les roches.

Nous avons déjà vu que les circonstances relatives à la manière d'être des minéraux contenus au milieu des roches sont d'une grande importance dans la question du métamorphisme, puisque l'on peut en déduire des conséquences relatives aux conditions dans lesquelles s'est effectuée la modification des terrains stratifiés; il ne sera donc pas inutile d'ajouter ici quelques détails généraux sur ce sujet.

Le gisement des minéraux cristallisés présente plusieurs manières d'être fort différentes : 1^o les minéraux ont pu se former dans des fentes, des fissures, des druses, des géodes, etc.; en un mot, ils ont rempli ou tapissé des vides, et lorsqu'ils ne pénètrent pas par leur base à l'intérieur de la roche qui les encaisse, ils ont dû cristalliser à une époque où cette roche avait acquis une certaine solidité; en général, ils se sont déposés à sa surface sans en dépendre essentiellement.

2^o Les minéraux peuvent être juxtaposés, entremêlés et engagés les uns dans les autres de manière à former des masses homogènes; et alors, ou toute la roche est formée d'un agrégat de minéraux distincts, comme cela a lieu dans les granites, ou bien elle offre une pâte à l'intérieur de laquelle sont répandus çà et là quelques lames ou cristaux, comme dans les porphyres; enfin les minéraux peuvent être indistincts, et ne former qu'une masse plus ou moins compacte. J'ai montré, dans une note présentée à l'Académie des sciences (1), que ces trois états différents sont indépendants de la composition chimique des roches plutoniques, et qu'ils paraissent résulter uniquement des circonstances dans lesquelles s'est fait leur refroidissement.

3^o Une autre manière d'être des minéraux consiste dans leur juxtaposition régulière et parallèle à un même plan, telle qu'elle a lieu dans les gneiss, les schistes micacés et amphiboliques: alors toute la masse est homogène et schisteuse, mais souvent elle offre une alternance de lits composés de grains de natures différentes. Lorsque les minéraux dont sont composées les roches schisteuses ne résultent pas d'un dépôt, mais d'une cristallisation opérée après coup, en général le métamorphisme a laissé aux éléments cristallins qui se formaient une disposition subordonnée à

(1) *Comptes-rendus de l'Académie*, séance du 28 avril 1845.

la stratification. Si l'on étudie les dégradations successives que présentent les schistes argileux ou les grauwackes schisteuses modifiées par le voisinage du granite, on voit d'abord la masse devenir luisante, feuilletée; et lorsque les feuillets de mica commencent à être nettement formés, ils sont alors couchés suivant le plan de la stratification: ainsi, dans la cristallisation des schistes métamorphiques, des gneiss, schistes micacés ou amphiboliques, les caractères de la stratification n'ont pas été détruits. Mais lorsque la roche, au lieu d'être schisteuse, a une structure arénacée, qu'elle est composée d'éléments divers, mélangés confusément, comme c'est le cas pour certaines grauwackes, souvent alors la cristallisation a laissé une disposition confuse aux minéraux qui se sont formés: ainsi, dans les grauwackes rendues maclifères et micacées au voisinage des granites, on voit fréquemment les noyaux macloux et les feuillets de mica s'entrecroiser irrégulièrement, au lieu d'être couchés suivant un même plan.

4° Un nouveau genre de disposition nous est offert par les minéraux que le métamorphisme a fait naître accidentellement au milieu des schistes qui s'y trouvent disséminés çà et là sans en faire partie intégrante: tantôt les cristaux sont couchés dans le plan de stratification, et alors ils rentrent dans le genre de disposition décrit précédemment; tantôt ils s'entrecroisent, coupent obliquement ou même perpendiculairement le plan de stratification ou de schistosité, et alors ils traversent plusieurs couches successives. Il en est ainsi des grandes macles des Salles, de la staurotide et du disthène du Saint-Gothard, des longs cristaux d'amphibole que l'on trouve disséminés çà et là au milieu des schistes argileux modifiés du Dovre et d'autres parties de la Norvège; il en est de même des grands cristaux de feldspath que l'on trouve dans certains gneiss ou micaschistes, et qui leur donnent un aspect porphyroïde.

5° Souvent on trouve au milieu des schistes modifiés ou cristallins plusieurs minéraux groupés ensemble au lieu d'être disséminés çà et là; ils semblent former comme des nids, et quelquefois ils remplissent des druses: telle est la manière d'être habituelle des cristaux de topaze, d'éméraude, d'albite, d'apatite, de sphène, etc., qui se sont formés dans les schistes cristallins; il est rare de rencontrer ces minéraux isolément. Ces nids ou groupes de cristaux divers se trouvent en général dans le voisinage de roches granitiques ou autres roches ignées; ils semblent être le résultat d'émanations parties de ces roches, qui ont pénétré à travers les schistes, et se sont rencontrées en certains points. D'ailleurs

ces minéraux sont remarquables en ce que plusieurs d'entre eux renferment des éléments qui ne se trouvent pas dans les schistes, tels que l'acide fluorique dans le topaze, l'acide phosphorique dans l'apatite, la glucine dans l'émeraude, le titane dans le sphène, etc., tandis que les minéraux qui sont répandus isolément au milieu des schistes ont une composition qui ne diffère pas essentiellement de celle de la masse environnante, si ce n'est par les proportions.

Disposition des minéraux qui ont cristallisé au milieu du calcaire.

Les minéraux qui ont cristallisé au milieu du calcaire présentent, dans leur manière d'être et leur association, moins de diversité que ceux contenus dans les schistes : on en voit qui forment des lames ou de petits cristaux disséminés çà et là au milieu du calcaire, et qui lui donnent l'aspect d'un porphyre : ainsi les petits cristaux d'albite, de quartz, etc. ; c'est de là qu'est venue l'expression de calciphyre. Souvent les cristaux se montrent englobés dans la pâte calcaire, et en même temps forment saillie sur les parois des druses que présente la roche : ainsi les grenats, l'idocrase, le pyroxène, la paranthine, etc., et c'est toujours sur les parois de ces druses qu'ils se montrent le mieux cristallisés. Cette disposition est tout-à-fait comparable à celle des cristaux de feldspath, de quartz, de tourmaline, etc., dont les formes sont bien plus nettes et plus complètes lorsqu'ils sont développés à l'intérieur des petites cavités drusiques que l'on remarque souvent dans les roches de pegmatite.

Minéraux affectant une disposition zonaire parallèle à la stratification.

Une circonstance très remarquable dans les masses de calcaire cristallin consiste en ce que les minéraux qui s'y sont formés présentent souvent une disposition zonaire ou rubanée, subordonnée à la stratification. Ce caractère est frappant dans les carrières ouvertes en Suède et en Norvège sur des gîtes calcaires qui renferment une grande quantité de silicates divers. Je puis citer la carrière d'Åker, dans la Sudermanie, comme offrant un des exemples les plus remarquables : on y trouve du mica, de la grammatite, de la serpentine, de la condrodite, du spinelle bleu, de la paranthine, du sphène, et une autre substance silicatée appelée *rosite*. Tous ces minéraux sont répandus au milieu du calcaire ; le sphène,

la paranthine, la rosite y sont en petite quantité ; mais l'amphibole, le mica, la condrodite et le spinelle bleu y sont très abondants. La serpentine s'y trouve disposée de deux manières différentes : on en voit des veines intercalées entre les bancs calcaires ou les traversant ; mais elle se montre principalement sous forme de nodules dont l'épaisseur varie de la grosseur d'un pois à celle d'une noix. Ils sont séparés les uns des autres, mais situés sur une même ligne et disposés en forme de chapelet ; ils constituent un grand nombre de bandes disposées dans le sens de la stratification. Ces nodules sont de couleurs très diverses, d'un jaune clair, d'un vert d'herbe, d'un vert foncé, quelquefois bruns ; ils ont souvent un aspect un peu cristallin ; ils ne sont pas formés de serpentine pure, car il s'y trouve une assez grande quantité d'alumine. D'ailleurs, dans d'autres masses calcaires, telles que celles de Tunaberg, des environs de Stafsjö, il y a des noyaux semblables, aussi disposés par bandes, qui tantôt sont compactes, tantôt sont formées à l'intérieur de feuillets de mica et de lamelles amphiboliques mélangés ensemble et souvent recouverts d'une enveloppe de matière serpentineuse compacte. La condrodite et le spinelle présentent la même disposition que les nodules serpentineux ; ces deux minéraux sont habituellement réunis ensemble et concentrés en grande quantité dans certains bancs calcaires où ils forment des bandes chapeletées. Ce calcaire est dolomitique, renferme 20 p. 100 de carbonate de magnésie ; il est bordé du côté méridional par de la pegmatite à gros éléments contenant de grands cristaux d'orthose rouge de chair et aussi de grandes lames d'oligoclase ; cette variété de granite forme également plusieurs filons qui se sont injectés au milieu du calcaire ; elle s'y montre aussi quelquefois sous forme de nids ou veinules discontinues.

Association de divers minéraux silicatés.

L'île de Pargas nous offre un autre gîte remarquable par l'énorme quantité de minéraux, presque tous silicatés, à base de chaux ou de magnésie, qui sont répandus au milieu du calcaire ; on y trouve du pyroxène, de l'amphibole trémolite et actinote, du mica, des grenats, de la paranthine, de la *wollastonite* ou bi-silicate de chaux, de la pyrallolite ou silicate magnésien, de l'apatite ; et l'on y observe, comme à Aker, de la condrodite, du spinelle et du sphène. J'ai remarqué en beaucoup d'endroits de la Sudermanie l'association constante de la trémolite, de la serpentine, de la condrodite et du spinelle. Près de Christiansand, vers

l'extrémité méridionale de la Norvège, on trouve aussi réunis ensemble la condrodite et le spinelle dans du calcaire associé aux schistes cristallins, et là il y a en outre de l'idocrase. Aux États-Unis d'Amérique, c'est aussi dans des calcaires cristallins et dans des conditions de gisement analogues que se trouve la condrodite.

Il est donc impossible de méconnaître qu'il existe une connexion intime entre la nature des dépôts stratifiés, leur position géologique et les minéraux qui s'y sont formés; c'est un même concours de circonstances qui a fait naître les mêmes minéraux en des points très éloignés de la surface terrestre. Cependant plusieurs minéraux se sont formés au milieu de roches dont l'âge ou l'origine première n'étaient pas les mêmes, mais qui ont présenté à différentes époques les circonstances nécessaires à la cristallisation.

Des minéraux qui ont cristallisé dans les terrains stratifiés.

- Si l'on étudie le gisement des minéraux silicatés, on reconnaît que sur un nombre de plus de 200, observés dans des positions très diverses, il en est seulement 35 à 40 que l'on trouve au milieu des dépôts stratifiés et que l'on peut considérer comme ayant été produits par des phénomènes de métamorphisme. (Je n'y comprends pas certains minéraux silicatés qui se rencontrent dans des filons ou associés à des gîtes métallifères.) Mais le nombre des silicates qui n'ont été trouvés que dans les terrains stratifiés, et que l'on peut considérer comme n'ayant été formés que par voie métamorphique, est beaucoup plus petit.

Je ne connais que deux minéraux silicatés qui, jusqu'à présent, aient été observés seulement dans des schistes, la *staurotide* et l'*anthophyllite*. Le premier est un silicate d'alumine sans autre base; dans le second, il se trouve, avec l'alumine, de l'oxyde de fer et un peu de magnésie.

Le nombre des minéraux trouvés exclusivement dans des roches calcaires ou dolomitiques est de 7 ou 8, savoir: la couzérinite, la gehlénite, la scolexérose ou vernérite blanche, la condrodite, la rosité, la wollastonite et la chaux tri-silicatée. La couzérinite n'est connue que dans les Pyrénées; elle se montre constamment au voisinage du granite et dans des calcaires d'âges différents, dans le calcaire du lias (aux environs de Vicdessos et d'Aulus) et dans le calcaire crétacé (aux environs d'Estagel, Pyrénées-Orientales). La gehlénite n'a été remarquée que dans les calcaires cristallins du Tyrol. La scolexérose ou vernérite blanche n'a encore été trouvée qu'à Pargas, en Finlande, et la rosité à Aker, en

Suède. La condrodite se montre fréquemment associée au spinelle, dans les calcaires de la Suède, Norvège et Finlande, et aux États-Unis. La wollastonite et la chaux tri-silicatée ont été observées dans la Scandinavie et dans le Banat.

Le caractère principal de ces minéraux, c'est que dans tous la chaux ou la magnésie entrent comme bases essentielles; cela rend très probable qu'ils se sont formés, en partie du moins, aux dépens de la roche qui les contient. Deux de ces minéraux sont des silicates de chaux; la wollastonite est un bi-silicate, et le minéral d'Edelfors est un tri-silicate. La gehlénite et la vernérite blanche sont des silicates doubles de chaux et d'alumine; la couzérante est un silicate multiple de chaux, d'alumine et d'alcalis; la condrodite est un fluc-silicate de magnésie, et il est à remarquer que les calcaires où elle se trouve contiennent beaucoup de magnésie.

On pourrait ajouter aux minéraux des roches calcaires l'amphibole trémolite: c'est un silicate double de chaux et de magnésie qui ne se trouve habituellement que dans des calcaires. Le nombre de ces minéraux serait encore plus grand, si l'on y joignait ceux qui sont propres aux blocs dolomitiques de la Somma; ces blocs constituent, en effet, un des gisements de minéraux les plus remarquables; on y trouve du mica, de l'amphibole, du pyroxène, de l'idocrase, de l'amphigène, de l'anorthite, de la sodalite, de la méionite, de la néphéline et de l'hauyne. Parmi ces minéraux, les uns contiennent de la chaux ou de la magnésie, les autres n'en renferment pas. L'origine de ces blocs, disposés au milieu des tufs, est très mystérieuse; mais il est probable qu'ils ont été arrachés aux roches calcaires sur lesquelles s'appuie le terrain volcanique des environs de Naples. Ces masses détachées ont dû être soumises pendant longtemps aux actions métamorphisantes de cette région volcanique, et elles semblent avoir emprunté aux produits volcaniques quelques uns des minéraux qui les caractérisent, tels que l'anorthite, l'amphigène, la sodalite, etc., minéraux qui n'offrent d'ailleurs aucune liaison de composition avec la roche calcaire où ils se trouvent.

Plusieurs substances ont été trouvées à la fois dans des schistes et des calcaires, mais non dans des roches massives; ce sont l'idocrase, le dipyre et les macles (si toutefois ce dernier minéral n'est pas considéré comme identique avec l'andalousite). Il est remarquable que ces trois minéraux sont des silicates doubles d'alumine et de chaux. Le dipyre n'a encore été observé que dans les Pyrénées, au milieu de couches calcaires et de schistes feuilletés d'ap-

parence talqueuse; dans ces montagnes, les macles se montrent aussi à la fois dans des couches schisteuses et des couches calcaires; partout ailleurs, c'est seulement dans les schistes qu'on les rencontre (1).

En résumé, on voit qu'il y a une douzaine de minéraux exclusivement propres aux roches schisteuses et calcaires, et que, sous le rapport de leur composition, ils présentent une connexion évidente avec la roche qui leur sert de gangue. Examinons maintenant les minéraux qui se trouvent à la fois dans des roches stratifiées et dans des roches massives.

1° On trouve tantôt dans les schistes cristallins et tantôt dans les granites, mais pas dans les calcaires, la dichroïte, l'andalousite, l'émeraude, la topaze, la pinite et le sphène. A l'exception du sphène, tous ces minéraux sont des silicates doubles, où l'alumine entre comme base principale.

2° La paranthine est un silicate double de chaux et d'alumine, que l'on trouve habituellement dans les roches calcaires, mais qui se montre aussi dans les amas amphiboliques ou les gîtes de fer oxydulé de la Scandinavie; on ne la rencontre pas dans les schistes.

3° Il est une dizaine de minéraux que l'on trouve tantôt dans les schistes, tantôt dans les calcaires et tantôt dans les roches massives ou plutoniques: citons d'abord le disthène, ou silicate simple d'alumine, que l'on rencontre en Bretagne, au Saint-Gothard et en Norvège dans les schistes feuilletés ou cristallins, aux États-Unis dans du calcaire grenu, au Simplon dans la dolomie, et en Allemagne dans des roches granitiques. Les grenats, c'est-à-dire des silicates doubles, à base d'alumine et de peroxyde de fer, d'une part, et d'autre part à base de chaux, de magnésie, de protoxydes de fer, de manganèse, se montrent, en beaucoup de pays, dans des roches granitiques et amphiboliques, dans des gneiss, des schistes micacés et amphiboliques ou des schistes feuilletés, et enfin dans les calcaires cristallins et les dolomies; mais c'est à ces dernières roches qu'appartient surtout le gisement des grenats à base de chaux et de magnésie, des grenats grossulaire et allochroïte. L'épidote, silicate multiple d'alumine, de chaux et de protoxyde de fer, affecte des gisements très variés; elle se trouve

(1) On pourrait encore joindre ici comme minéral métamorphique propre aux schistes et aux calcaires, bien que n'étant pas silicaté, le graphite, qui paraît résulter de la modification d'une matière carbonneuse.

dans les roches granitiques et amphiboliques, au milieu des gîtes de fer oxydulé, dans les schistes cristallins et les calcaires. La tourmaline, qui est un boro-silicate d'alumine, chaux et alcali, se rencontre dans les granites, les gneiss, les schistes micacés et talqueux, dans les calcaires et les dolomies.

Trois espèces feldspathiques, l'orthose, l'albite et l'oligoclase (silicates doubles d'alumine et d'alcalis, habituellement accompagnés de quartz), se rencontrent tantôt dans les roches granitiques, tantôt dans les gneiss, les schistes micacés ou amphiboliques, quelquefois, mais plus rarement, dans les calcaires.

Le gisement du mica, du talc, de la chlorite (silicates alumineux et alcalins) dans les roches granitiques, les schistes cristallins et les calcaires est trop connu pour que je m'y arrête. Il en est de même de l'amphibole et du pyroxène, les seuls silicates, parmi ceux que nous passons en revue, qui ne contiennent pas, ou du moins fort peu d'alumine; mais ajoutons que les variétés de pyroxène et d'amphibole qui se trouvent dans les calcaires sont habituellement à base de chaux et de magnésie.

L'amphibole trémolite des calcaires doit avoir cristallisé par voie de transformation, car elle ne se trouve pas dans les roches plutoniques environnantes; mais souvent l'amphibole actinote ou hornblende, le mica, le talc, la chlorite que l'on remarque dans les calcaires modifiés semblent résulter d'une pénétration de minéraux tout formés, qui auraient passé, par voie de cémentation, de la roche massive dans la roche stratifiée: ainsi j'ai remarqué souvent que les calcaires contiennent de l'amphibole hornblende au contact des roches amphiboliques, du mica, du talc ou de la chlorite, au voisinage des roches micacées, talqueuses ou chloritées; M. Coquand a fait aussi la même observation (1). Bientôt nous aurons l'occasion de démontrer plus amplement ce fait, qui doit former un des principes de la théorie du métamorphisme; mais il ne faut pas trop le généraliser, car beaucoup de minéraux contenus dans les calcaires ou les schistes, tels que le dipyre, le conzérinite, etc., ne peuvent pas provenir de la roche massive.

On peut réunir aux silicates énumérés plus haut des minéraux à bases terreuses, qui se rattachent aussi aux phénomènes métamorphiques, et qui appartiennent à la fois à des roches massives et à des roches stratifiées; ce sont: le corindon (alumine pure), le spinelle (aluminate de magnésie), le titane oxydé, la chaux phosphatée, fluatée et carbonatée. Tous ces minéraux se rencon-

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, t. XII, p. 328.

trent dans des gisements très divers, dans les schistes cristallins, les calcaires et les dolomies, dans les roches granitiques, amphiboliques et pyroxéniques, et dans les gîtes de fer oxydulé.

Caractère général des minéraux qui sont enchâssés dans les terrains stratifiés.

En résumé, on voit qu'il y a de 35 à 40 minéraux qui se rattachent directement aux phénomènes métamorphiques, et qui se montrent enchâssés au milieu des dépôts stratifiés ; la plupart sont formés essentiellement de silice, d'alumine et de chaux, et presque tous ceux qui se trouvent dans les calcaires renferment en combinaison une forte proportion de chaux, ou de chaux associée à la magnésie, et ceux qui sont dans les schistes contiennent beaucoup de silicate d'alumine, quelquefois seul, mais ordinairement combiné avec un silicate de base terreuse ou alcaline. Ces minéraux, considérés dans leur ensemble et sous le rapport de leur composition, affectent un caractère général d'analogie qui est en connexion avec leur gisement. Néanmoins nous avons vu que parmi les minéraux contenus dans les schistes ou les calcaires, il en est, tels que la condrodite, le sphène, l'émeraude, la topaze, etc., qui renferment des proportions considérables de certains corps que l'on n'observe pas dans les dépôts sédimentaires non modifiés ; il faut donc conclure que la cristallisation de ces minéraux s'est effectuée par suite de l'introduction de particules émancées, soit d'une roche plutonique adjacente, soit du laboratoire souterrain, et qui se sont transportées à travers des roches tantôt solides, tantôt plus ou moins fortement ramollies. Ce déplacement des molécules a dû exiger un très long laps de temps, si l'on considère la grande épaisseur des masses à travers lesquelles il a dû s'effectuer. Dans certains cas, les corps étrangers qui sont intervenus dans la cristallisation ont pu émaner à l'état gazeux, et s'introduire à travers les fissures des roches ; cette circonstance aura facilité et accéléré la cémentation, en multipliant les surfaces de contact et diminuant les distances à parcourir ; mais elle n'est pas rigoureusement indispensable.

J'ajouterai une remarque relative aux phénomènes de cristallisation : c'est que souvent des composés chimiques ont pu s'isoler et cristalliser, bien qu'ils se trouvassent en faible quantité dans la roche : ainsi l'on trouve du corindon dans des roches pyroxéniques, telles que les basaltes, qui contiennent une faible proportion d'alumine. Dans la tendance des éléments d'une roche à se réunir

pour donner lieu à des combinaisons définies, si un corps tel que l'alumine n'est pas susceptible d'entrer en combinaison dans le composé qui a le plus de propension à se former, le pyroxène, par exemple, on conçoit que cette base puisse s'isoler et cristalliser séparément, surtout lorsqu'elle a elle-même beaucoup de tendance à la cristallisation; on comprend ainsi pourquoi le fer oxydulé, le fer oligiste et le fer titané se montrent souvent en beaux cristaux au milieu de roches granitiques, qui cependant renferment peu d'oxyde de fer.

Relations des phénomènes de métamorphisme avec les roches plutoniques.

Nous avons examiné la manière d'être, les caractères du gisement et la composition chimique des minéraux qui se sont formés dans les terrains stratifiés; maintenant nous allons étudier les phénomènes de métamorphisme dans leurs relations avec les roches plutoniques dont ils dépendent. Nous allons voir combien est inégale l'aptitude des différentes roches à faire naître la cristallisation dans les dépôts stratifiés, et combien sont variables les effets qu'elles peuvent produire: il a dû y avoir combinaison de plusieurs causes différentes, d'une élévation de la température, de la durée du temps pendant lequel s'est fait le flux de chaleur, d'un refroidissement plus ou moins lent, des émanations de substances diverses qui ont accompagné ou suivi les éruptions, et qui ont donné lieu à des cémentations ou à des mouvements moléculaires; et probablement aussi il a dû se développer de ces actions de contact que les chimistes ont appelées *catalytiques*; peut-être est-ce à des actions de ce genre que l'on doit attribuer en partie la diversité des effets qu'ont produits les roches ignées de natures différentes.

Néanmoins beaucoup de phénomènes de transmutation ont pu s'effectuer au contact de roches diverses; car nous avons vu que la magnésification des calcaires a eu lieu sous l'influence des granites, des porphyres, des serpentines, des roches amphiboliques et pyroxéniques. De même le développement de la texture feuilletée et luisante dans les schistes, de la structure grenue, saccharoïde ou lamelleuse dans les calcaires, s'est produit dans le voisinage des roches plutoniques d'espèces différentes. Mais c'est la présence des grandes masses granitiques qui me paraît avoir déterminé ces effets avec le plus d'énergie et sur la plus vaste échelle: ainsi le métamorphisme qui a fait naître dans les Pyrénées

nées les schistes cristallins, micacés, et les calcaires saccharoïdes ou lamelleux qui fournissent de si beaux marbres, est presque toujours en relation avec les granites; l'action des ophites ne s'est étendue en général qu'à de petites distances. C'est encore le granite qui me paraît avoir joué un des principaux rôles dans le métamorphisme de ces terrains stratifiés des Alpes, que l'on avait d'abord regardés comme très anciens, et que la présence des bélemnites a fait rattacher à la formation jurassique.

Métamorphisme développé par les roches amphiboliques.

C'est par les roches amphiboliques que nous allons commencer l'examen des effets métamorphiques propres aux différentes espèces de roches ignées : nous savons déjà qu'elles ont développé dans les calcaires la structure cristalline et la magnésification; quelquefois elles y ont fait naître des cristaux d'amphibole, non seulement de trémolite, mais aussi d'hornblende, et elles ont formé ces roches mixtes que l'on a nommées hémitrènes.

Quelquefois les schistes ont pris l'aspect siliceux au voisinage des diorites, ainsi que je l'ai remarqué le long du rivage de la mer, entre *Pléneuf* et *Erquy*, dans le département des Côtes-du-Nord : les couches schisteuses situées au pied de la falaise dioritique qui forme comme une digue le long du rivage sont dures et compactes; il y a des bancs qui ressemblent à des hornstein, d'autres ont un aspect jaspé. Cette zone modifiée a 5 à 6 kilomètres de longueur, et s'étend jusqu'à 150 et 200 mètres de distance du diorite.

Un des effets les plus remarquables des roches amphiboliques consiste dans les phénomènes d'amphibolisation qu'elles paraissent avoir développés en certains endroits autour d'elles : dans les contrées où les diorites se sont fait jour au milieu de schistes cristallins, ainsi dans le midi de la Bretagne et dans la Vendée, on remarque une association fréquente des schistes amphiboliques avec les masses de diorite. Comme le diorite lui-même est souvent devenu schisteux, il est difficile de le distinguer des véritables schistes amphiboliques. Il semble qu'il y ait eu diffusion de l'amphibole dans les schistes adjacents, et qu'en s'y introduisant elle ait affecté une disposition parallèle à la stratification.

Les kersantons qui se rattachent aux diorites, mais dans lesquels la plus grande partie de l'amphibole est remplacée par du mica, ont quelquefois micacifié les roches schisteuses avec lesquelles ils sont arrivés en contact. j'ai observé ce fait sur la côte

occidentale du Finistère, à Rozan, aux environs de Crozon. Là s'étend sur le rivage de la mer une zone de grauwacke traversée par de nombreuses masses de kersanton : à l'approche de l'une de ces masses on voit se développer dans la grauwacke des feuillets de mica qui deviennent de plus en plus abondants, et la roche finit par passer à un véritable kersanton ; néanmoins ce passage est accidentel et ne forme pas une règle générale. Dans la grauwacke de Rozan, certaines couches sont amygdaloïdes et offrent un aspect bréchiforme très singulier : les fragments enchâssés dedans sont criblés de petites cavités bulliformes qui leur donnent une certaine ressemblance avec la pierre ponce. La nature sédimentaire de cette grauwacke n'est pas douteuse ; car en explorant ces lieux avec M. Bourassin, naturaliste distingué de Quimper, j'y ai trouvé des empreintes de fossiles. C'est une des localités où le métamorphisme produit par le kersanton sur les roches adjacentes s'est manifesté de la manière la plus saillante. Outre la structure amygdaloïde et le développement accidentel du mica, la grauwacke y présente encore, à la jonction de l'îlot avec la terre ferme, un mode de division en boules à la manière des diorites : ce sont des sphéroïdes aplatis, ayant jusqu'à 2 pieds de diamètre et se séparant en couches concentriques. Certains bancs de grauwacke offrent ce mode de division, tandis qu'il n'est pas visible dans les bancs situés tout auprès. La même structure se voit en un autre point, dans les couches de grauwacke amygdaloïde encaissant la masse calcaire que l'on exploite pour faire de la chaux : là on remarque une grande quantité de fossiles, d'encrines, spirifères, orthis, etc., dans des couches amygdaloïdes ; d'autres bancs sont compactes, à cassure pseudo-rhomboïdale et ressemblant à un argilophyre. Cette localité est très remarquable en ce qu'elle offre les caractères de structure les plus singuliers dans des roches dont l'origine sédimentaire est attestée par la présence de nombreux fossiles : avec les couches calcaires se trouve associée une roche curieuse, d'un noir verdâtre, luisante dans sa cassure, offrant un mélange de parties vertes et de parties calcaires, disposées sous forme de nodules et de petites lames ; elle a quelque analogie avec les spilites du Dauphiné. Le calcaire que l'on exploite ici est gris et gris-bleuâtre, à grains fins ; il a l'aspect un peu cristallin, mais pas beaucoup plus que les autres calcaires de transition de la Bretagne.

Aux environs de Sablé, on remarque des exemples de métamorphisme analogue produit sous l'action des diorites : ainsi, près de la mine du *Tertre*, sur le bord de la Sarthe, on voit des couches

de grauwacke qui sont devenues compactes, ont pris l'aspect d'un argilophyre, et tendent même à passer au diorite; d'autres couches sont devenues amygdaloïdes et présentent beaucoup de géodes, les unes vides, les autres remplies d'une substance blanche ou verdâtre.

On voit que les roches amphiboliques ont exercé sur les terrains stratifiés plusieurs genres d'effets, la magnésification et sulfatation des calcaires, l'amphibolisation des calcaires et des schistes; qu'elles ont développé la structure amygdaloïde et la division sphénoïdale dans les grauwackes, sans y faire disparaître les fossiles. Il faut ajouter que les différentes couches de grauwacke dont l'ensemble est exposé à une même action métamorphique, n'éprouvent pas la même modification, que les unes deviennent amygdaloïdes, tandis que les autres deviennent compactes ou prennent un aspect cristallin.

Métamorphisme produit par les roches serpentineuses, diallagiques, hypersthéniques et pyroxéniques.

Je m'étendrai peu sur le métamorphisme produit par les serpentines, les roches diallagiques, hypersthéniques et pyroxéniques; toutes ces roches ont développé à leur voisinage la structure cristalline dans les calcaires; souvent elles ont déterminé leur transformation en dolomie ou en gypse. La pénétration de la serpentine au milieu des calcaires, l'enchevêtrement de ces deux roches ont été observés depuis très longtemps. Non seulement la serpentine forme des veines ramifiées dans le calcaire, mais souvent aussi elle y présente des nodules aplatis, des espèces de feuillets répandus çà et là au milieu de la roche, comme on le voit sur les plaques de marbre vert.

Au contact de la serpentine les schistes sont en général devenus luisants et feuilletés; quelquefois ils ont pris un aspect talqueux ou stéatiteux; ils sont onctueux au toucher. D'autres fois la serpentine et aussi l'euphotide ont fait subir aux schistes une transformation qui leur a donné un aspect jaspé ou la physionomie des schistes siliceux, comme le montre le *gabro rosso* des Italiens. M. G. Rose a aussi observé dans l'Oural des jaspes formés sous l'influence des roches amphiboliques, augitiques et hypersthéniques (1).

J'ajouterai, relativement aux basaltes et aux trapps, que dans

(1) G. Rose, *Voyage dans l'Oural*, vol. II, p. 469 et 487.

les contrées où ils forment de vastes coulées qui se sont épanchées au-dessus des couches de tuf, comme on le voit aux îles Férö, il y a ordinairement à la séparation une couche de matière compacte, verdâtre, formant un argilophyre qui paraît provenir de l'échauffement qu'a exercé le trapp sur les couches du tuf.

Métamorphisme produit par les porphyres quartzifères.

J'arrive maintenant au métamorphisme des roches granitiques, et je commence par celui des porphyres quartzifères et des eurites qui forment une des branches de ces roches; je m'occuperai ensuite des granites proprement dits. Au contact des porphyres feldspathiques et quartzifères, les grauwackes sont ordinairement compactes et endurcies; elles ont pris un aspect analogue à celui des porphyres; et ce qui rend la ressemblance plus complète, c'est que souvent dans ces grauwackes endurcies il s'est développé de petits cristaux feldspathiques; il est alors très difficile de tracer la limite précise de ces deux roches. La distance à laquelle s'est produite cette modification varie en raison des dimensions des masses porphyriques; il est rare qu'elle s'étende au-delà de 100 ou 200 mètres, à moins que le porphyre n'ait une grande étendue.

Grès devenus porphyriques.

Souvent ces roches pyrogènes ont produit sur les grès le même effet métamorphique que sur les grauwackes; elles leur ont communiqué un aspect, un facies porphyrique. Cette modification est très développée dans le midi de la Norvège, où des masses porphyriques très étendues se voient en recouvrement au-dessus d'assises de grès qui paraissent appartenir au terrain dévonien, ainsi que l'ont fait voir MM. Murchison et de Verneuil. Ces grès diffèrent tout-à-fait par leur aspect des quartzites, et se rapprochent plutôt des grès secondaires; ils sont formés de grains de quartz distincts, mélangés de beaucoup de paillettes de mica, et quelquefois de petits grains feldspathiques. Dans le voisinage des grandes masses porphyriques, telles que celle du *Ringerige*, le grès éprouve un changement d'aspect évident, il devient peu à peu compacte, porphyrique, les éléments deviennent indiscernables et se changent en une espèce de pâte dans laquelle on voit briller de petites lames feldspathiques; le passage du grès au porphyre est graduel et insensible, de façon qu'il est très difficile de dire là où finit le grès et où commence le porphyre.

Il est impossible de révoquer en doute l'influence qu'a exercée le porphyre, ici, sur les grès, et, précédemment, sur les grauwackes, pour leur communiquer l'aspect, la structure, la physionomie qui les caractérisent. Mais il n'a pas toujours produit le même effet ; souvent il a développé dans les schistes et les grauwackes schisteuses la structure amygdaloïde, de la même manière que les roches amphiboliques : on en voit de nombreux exemples en Bretagne, et M. Dufrénoy en a cité plusieurs (1) ; celui de la butte porphyrique de *Saint-Clément de la Leu*, sur la rive droite de la Loire, atteste d'une manière évidente l'action métamorphique du porphyre, car la roche amygdaloïde forme une espèce d'auréole autour de lui. Dans d'autres localités, ainsi près de Paimpol (Côtes-du-Nord), le développement de la structure amygdaloïde est lié au porphyre d'une manière moins évidente ; la grauwacke modifiée qui présente ce caractère n'est pas circonscrite autour des masses porphyriques situées dans le voisinage, elle s'étend à plus de 2 kilomètres de distance.

Large zone de schistes talqueux.

Dans les faits suivants, nous allons voir un autre exemple de la complication et des singularités que peuvent offrir les phénomènes de métamorphisme : le terrain anthraxifère de la Basse-Loire se trouve placé à une distance de plusieurs lieues des roches granitiques ; mais dans le voisinage de ce terrain ont fait éruption de nombreuses masses de porphyres quartzifères qui passent quelquefois au granite par le développement de la cristallisation. En général, autour de ces masses, les grauwackes sont devenues compactes, porphyriques, quelquefois amygdalines ; les schistes sont luisants, souvent feuilletés. Au midi du terrain anthraxifère, où le porphyre forme les masses les plus considérables (il y en a qui ont plus de 3 kilomètres d'étendue), on trouve rarement des schistes qui offrent l'aspect talqueux, mais la région qui s'étend au nord du terrain à combustible est formée en majeure partie de schistes feuilletés blancs, jaunâtres et violacés, luisants et onctueux au toucher, qui présentent tout-à-fait l'aspect des schistes talqueux et stéatiteux ; sur cette zone sont disséminés beaucoup de typhons ou boutons porphyriques, mais moins étendus que ceux situés au midi de la bande anthraxifère ; non seulement les schistes talqueux ne sont pas circonscrits autour de ces petits îlots

(1) *Expl. de la carte géol. de France*, p. 234 et 235.

plutoniques, mais ils forment une zone continue, parallèle à la direction des couches, qui a de 6 à 7 kilomètres de largeur, et dans laquelle sont intercalées des bandes de quartzite et des masses de phyllonite. En plusieurs endroits, à ces schistes talqueux sont subordonnés des bancs de grauwacke schisteuse qui n'est pas très sensiblement modifiée; à *Languin*, le terrain à combustible est entouré complètement par ces schistes, et à la *Bourgonnière*, ils forment une bande talqueuse qui est interposée au milieu, dans le sens de la stratification. Les porphyres quartzifères ont fait éruption au milieu de ces schistes, mais rien ne prouve qu'ils aient été la cause directe de leur métamorphisme, car ils ne leur sont pas subordonnés. D'un autre côté, il est inadmissible que ces schistes talqueux soient le produit d'une injection; la régularité de leur stratification s'y oppose; d'ailleurs on ne peut guère prétendre qu'ils aient été déposés avec l'aspect talqueux et feuilleté qu'ils présentent maintenant. Le métamorphisme qui s'est développé là est probablement en relation, non avec les masses porphyriques elles-mêmes, mais avec les actions souterraines par suite desquelles ces masses ont été amenées jusqu'au jour.

D'ailleurs on trouve dans d'autres parties de la Bretagne des zones talqueuses dans des positions analogues, et dont l'origine est aussi difficile à expliquer; ainsi je citerai celle qui se trouve à 3 lieues au N.-E. de la ville de Rennes, et sur laquelle est une grande partie de la forêt de Rennes: à peu de distance, on voit une masse euritique un peu étendue (celle de Coesmes). On peut rattacher le développement des schistes talqueux au voisinage de ce porphyre, qui est analogue à ceux des bords de la Loire; mais la connexion n'est pas évidente, car la zone talqueuse n'est pas subordonnée au porphyre.

Le métamorphisme des schistes talqueux du Dauphiné, qui sont associés à un terrain anthraxifère, comme dans la Loire-Inférieure, est aussi fort difficile à expliquer, si on veut le rattacher à la présence de roches pyrogènes: cette manière d'être particulière des schistes s'est développée dans des conditions qui jusqu'à présent n'ont pas été suffisamment éclaircies.

Métamorphisme développé par les granites, pegmatites, syénites, etc.

Je vais décrire maintenant les actions métamorphiques qu'ont développées autour d'eux les granites proprement dits, les pegmatites, hyalomites, syénites, etc. Ces roches ont été les agents mé-

tamorphiques les plus puissants , et leur influence s'est propagée jusqu'à des distances de quelques kilomètres : les roches amphiboliques , serpentineuses , ont quelquefois déterminé la formation de dolomies et de gypses sur une assez grande étendue ; mais alors le contour des roches modifiées n'est pas circonscrit autour des roches métamorphisantes. Les zones de schistes , de grauwackes ou calcaires modifiés que l'on voit subordonnées aux masses dioritiques ou porphyriques ont rarement plus de 100 ou 200 mètres de largeur, tandis qu'autour des grandes masses de granite , nous allons en voir qui ont jusqu'à 3,000 mètres. La plus grande partie des minéraux qui ont cristallisé dans les terrains stratifiés est due à l'influence des granites ; le métamorphisme produit par ces roches mérite donc une étude détaillée , et peut nous conduire à apprécier la puissance des causes qui ont été en jeu.

Métamorphisme de silicification.

En examinant les divers genres de modifications qu'ont produits les granites , nous allons reconnaître une grande variété d'effets que l'on peut chercher à expliquer par des conjectures , mais dont les véritables causes sont fort obscures. Exposons d'abord le genre de métamorphisme qui constitue la silicification : il ne s'est développé sur une grande échelle que dans certaines contrées. Il y a bien des schistes siliceux dans presque tous les terrains de transition ; mais très souvent ils ne se rattachent ni au granite ni à aucune roche pyrogène. En Bretagne , nous en avons cité un exemple au voisinage d'une masse dioritique ; mais , dans cette contrée , je n'ai pas observé de schistes siliceux bien caractérisés qui aient été produits par l'influence du granite ; nous verrons que cette roche a exercé des modifications d'une espèce très différente. De même dans les Pyrénées , où les schistes siliceux sont plus abondants qu'en Bretagne , il est rare qu'ils soient en connexion directe avec le granite ; l'état siliceux tient à la nature de ces schistes , se montre spécialement dans certaines couches , et non suivant des zones subordonnées aux roches granitiques.

Mais il est des contrées où les schistes siliceux sont évidemment le résultat d'une modification , d'une *silicification* qui s'est développée autour des granites : ainsi dans le Harz et en Norvège , ils ne forment pas des assises régulières , distribuées à différents niveaux dans le terrain de transition , mais ils ne se montrent qu'en zones circonscrites aux masses granitiques. Je vais entrer dans quelques détails sur la disposition des schistes siliceux de la Norvège que

j'ai étudiés lors de mon dernier voyage dans le Nord, et que M. Keilhau a déjà fait connaître dans son *Gea Norvegica* (1) par une description dont j'ai pu apprécier la précision et l'exactitude.

Schistes siliceux de la Norvège.

En Norvège, les schistes siliceux ne se montrent qu'autour de cette espèce de granite que l'on peut appeler *post-silurien*, car il a fait éruption postérieurement à la formation silurienne; il est parfaitement distinct par sa nature, ses caractères généraux et les minéraux constituants des granites associés aux gneiss de la Scandinavie; la syénite zirconienne et le porphyre rhombique en sont des dérivations et s'y rattachent de la manière la plus évidente. La carte fidèle que M. Keilhau a tracée des environs de Christiania montre que la zone des schistes siliceux est assez régulièrement concentrique à la limite du granite. Ces schistes sont la prolongation des schistes argileux ordinaires du terrain silurien, qui auprès sont tendres et friables. Le métamorphisme s'est développé non seulement autour du granite proprement dit et de la syénite, mais aussi au contact du porphyre rhombique. Il se manifeste d'abord par un endurcissement, les schistes perdent une partie de leur fissilité, mais ils se divisent encore en plaques plus ou moins épaisses. Ils offrent une série de lits alternatifs diversement colorés, blanchâtres, d'un gris clair, d'un gris foncé, ou noirâtres; ils présentent une cassure conchoïde, ressemblent à du feldspath compacte, à du hornstein ou à des jaspes; souvent la plus grande partie de la masse paraît composée de quartz très reconnaissable. L'aspect siliceux devient de plus en plus prononcé, à mesure que l'on approche du granite, et il semble que les schistes aient été pénétrés de silice en quantité d'autant plus grande qu'ils sont plus voisins du granite. J'ai remarqué aussi que souvent ces schistes siliceux renferment beaucoup de petits cubes de pyrite de fer disséminés au milieu de la masse, surtout à une petite distance du granite. M. Keilhau a observé une circonstance importante, c'est que dans certains endroits où la formation gneissique affleure à peu de distance, les schistes argileux n'ont pas pris l'aspect siliceux au contact du granite post-silurien, comme si la présence du gneiss avait empêché ce genre de métamorphisme de se développer; mais souvent alors se sont formés des cristaux de macles dans les schistes argileux. M. Keilhau m'a dit n'en avoir rencontré que

(1) *Gea Norvegica*, p. 40 et suivantes

dans cette position, c'est-à-dire près du granite et à peu de distance du gneiss : il semble que le gneiss ait exercé là une action de contact, qu'en s'opposant au développement de la silicification il ait favorisé la cristallisation maclifère. Si ce fait n'est pas isolé, s'il peut acquérir de la généralité par des observations du même genre relatives à d'autres pays, il montrera que certaines roches peuvent avoir exercé de l'influence sur le métamorphisme de roches plus récentes, sinon une influence directe, du moins une influence de contact ; elles auront favorisé le mouvement moléculaire qui a donné naissance à des minéraux particuliers, de même que la mousse de platine, par son seul contact, détermine des combinaisons chimiques.

*Modification du calcaire qui accompagne les schistes
métamorphiques.*

Le calcaire, que nous avons vu former des tubercules aplatis, des plaques et des bancs intercalés au milieu des schistes argileux, a été modifié en même temps que le schistes, mais il a subi divers genres de modifications ; en beaucoup d'endroits il est devenu cristallin, grenu ou à petites lames ; quelquefois il s'y est formé des minéraux particuliers ; ainsi dans la célèbre localité de *Giellebæck*, où l'on trouve de la trémolite, des grenats, de l'épidote et de la chaux fluatée. Mais bien souvent le calcaire, au lieu de devenir cristallin, a été modifié de la même manière que les schistes et s'est endurci par un effet de silicification ; il est alors compacte, à cassure inégale ; quelquefois il semble avoir perdu tous les caractères du calcaire, il fait feu au briquet, ne dégage point d'acide carbonique lorsqu'il est mis en contact avec les acides ; alors il est changé en une masse composée de silice, de chaux et d'alumine, formant une combinaison analogue aux grenats ; mais fort souvent la silice n'est point entrée en combinaison avec la chaux, et s'est mélangée simplement avec le calcaire. J'ai remarqué en divers endroits, principalement aux environs de Brévig, qu'à la surface de cette roche les parties calcaires ont été dissoutes par les eaux pluviales, et les parties siliceuses sont restées en saillie formant comme un tissu réticulé. Le calcaire cristallin et le calcaire siliceux se trouvent souvent réunis ensemble ; le calcaire siliceux forme des masses plus ou moins épaisses, tantôt au milieu des schistes endurcis, tantôt au milieu du calcaire-marbre ; il semble qu'il y ait eu concentration de la silice dans certaines couches. D'ailleurs les différences dans la dureté et dans la texture montrent que les

calcaires endurcis renferment des quantités très inégales de silice, et il y a pour ainsi dire un passage du calcaire pur à celui où l'acide carbonique a été remplacé par de la silice.

Ce métamorphisme exercé par le granite post-silurien de la Norvège me paraît remarquable en ce qu'il a donné lieu à un simple endurcissement ou silicification des schistes sans les rendre cristallins, et qu'il a agi sur les calcaires qui leur sont associés, tantôt de manière à les endurcir ou les silicifier comme les schistes, tantôt de façon à les rendre cristallins et même à y faire cristalliser des minéraux particuliers. On trouve quelquefois des restes d'êtres organisés dans les schistes endurcis, dans les calcaires siliceux ou cristallins, mais ils y sont plus rares que dans les schistes et les calcaires non modifiés.

Distance à laquelle s'est fait sentir le métamorphisme.

Le métamorphisme des schistes et calcaires siluriens de la Norvège s'est étendu habituellement jusqu'à une distance du granite qui varie de 1,000 à 1,500 mètres; mais il est une circonstance importante et que j'ai aussi observée depuis longtemps en Bretagne, c'est que dans les angles rentrants formés par le contour des masses granitiques ou dans l'espace qui sépare deux de ces masses, le métamorphisme s'est étendu beaucoup plus loin que sur le bord des angles saillants, et alors l'épaisseur de la zone modifiée est souvent presque double de ce qu'elle est ailleurs: ainsi, quand j'ai visité les mines de *Conerud* et d'*Aaserud*, situées aux environs de *Drammen*, j'ai observé que toute la bande schisteuse et calcaire qui existe entre les deux masses granitiques du lac d'*Eger* et du *Dramsfiord* a été métamorphisée: or, l'épaisseur de cette bande est de 4 à 5 kilomètres; cela donne une largeur de 2 à 2 1/2 kilomètres pour la zone qui a été modifiée autour de chacune des deux masses granitiques. La même observation peut être faite dans la région qui sépare le *Holsfiord* du *Drams-Elven*. On peut se rendre compte de cette circonstance en supposant qu'il existe souterrainement une liaison entre les deux masses granitiques qui à la surface sont voisines l'une de l'autre, ou bien en considérant que les flux ou courants métamorphiques partant des deux masses ignées allaient en convergeant et par suite que leur action a dû s'étendre beaucoup plus loin.

Remarques générales sur la production des schistes siliceux.

Les schistes et les calcaires siliceux de la Norvège paraissent avoir éprouvé, au moins en partie, une véritable silicification ; on ne peut guère supposer que les calcaires qui ont passé en certaines parties à l'état de silicate renfermaient, antérieurement au métamorphisme, toute la quantité de silice qu'ils contiennent maintenant, et qui s'est substituée à l'acide carbonique. Mais beaucoup de schistes siliceux, de jaspes d'autres contrées, n'ont probablement subi qu'un simple changement d'aspect, un endurcissement, sans que leur teneur en silice ait beaucoup augmenté : il est remarquable que l'apparence siliceuse est développée non seulement par des granites et des porphyres quartzifères, c'est-à-dire par des roches qui contiennent de la silice libre et où tous les minéraux sont saturés de silice, mais encore par des roches qui ne contiennent pas, ou seulement une très minime quantité de silice libre, telles que la serpentine ou les diorites : alors l'influence de la roche plutonique paraît avoir consisté à déterminer un mouvement moléculaire dans les détritiques quartzueux, pulvérulents, qui sont répandus dans un état de très grande finesse au milieu des schistes, et qui s'y trouvent en proportion plus ou moins considérable. Ces particules quartzueuses, qui auparavant étaient noyées au milieu de la substance argileuse, se trouvant soumises à l'influence de roches plutoniques, ont été pour ainsi dire mises en évidence, et alors la masse est devenue compacte et très dure.

Production des schistes pétro-siliceux.

J'ai dit qu'en Bretagne les granites n'ont pas développé autour d'eux la formation de schistes siliceux, mais souvent leur influence a donné naissance à des schistes pétro-siliceux ou même à des pétro-silex schisteux ; cela se voit en beaucoup de localités : par exemple, la masse granitique qui affleure sur les bords de la Vilaine, près de la Roche-Bernard, est bordée d'une zone de schistes pétro-siliceux qui ont conservé leur stratification et une partie de leur schistosité ; des schistes semblables se voient en plusieurs endroits dans les parties voisines du Morbihan et de la Loire-Inférieure. Autour du petit terrain carbonifère de Clédén, qui est encaissé au milieu de roches granitiques, il y a aussi une zone de schistes pétro-siliceux bien prononcés le long de la lisière du granite.

Les schistes siluriens du midi de la Norvège, modifiés par le granite, ont pris quelquefois aussi l'aspect pétro-siliceux; mais la schistosité y est ordinairement beaucoup moins prononcée que dans ceux de la Bretagne. Là et dans les Pyrénées, où j'ai aussi remarqué des schistes analogues, le développement de cet aspect pétro-siliceux ne s'est pas fait seulement au voisinage des granites proprement dits, mais aussi à l'approche des porphyres feldspathiques ou quartzifères et des pétro-silex éruptifs.

Transformation des grès en quartzites.

Les grès ont subi plusieurs genres de modifications sous l'influence des roches granitiques : il est une modification très générale qui s'est développée, non sur un point particulier, sur une zone limitée, mais sur toute l'étendue d'une contrée, sur une formation tout entière : c'est la modification qui a produit les quartzites. Ainsi, dans les Pyrénées, tous les grès des terrains paléozoïques sont des quartzites; de même en Bretagne toutes les bandes de grès sont à l'état de quartzite, aussi bien celles qui se trouvent à plus de 20 lieues du granite que celles situées auprès. Cependant les quartzites ne se trouvent que dans les pays où il y a de grandes masses granitiques ou dans ceux qui, comme les Ardennes, ont été soumis à des dislocations dépendant de causes plutoniques souterraines, et il en est de même du schiste ardoisier; mais en Russie, où les couches des terrains paléozoïques sont restées horizontales et n'ont été ni modifiées ni disloquées, les grès n'ont point passé à l'état de quartzites. Néanmoins on doit considérer la production des quartzites comme le résultat d'une modification qui s'est développée à peu près uniformément sur d'immenses surfaces, et qui n'est point subordonnée à la ligne de contact des roches plutoniques. Les quartzites nous présentent le premier degré du métamorphisme des grès, le passage du quartz arénacé au quartz compacte; l'origine arénacée y est encore reconnaissable, soit par la présence de grains distincts de paillettes de mica, soit par le mélange de parties opaques et de parties translucides ou hyalines. En outre, les grains quartzeux sont souvent mélangés de parties argileuses, et l'on trouve même en Bretagne des bancs d'argile interposés entre les couches de quartzite. Cette argile ne paraît pas avoir été modifiée : ainsi la cause qui a produit le métamorphisme des quartzites n'a pas transformé l'argile qui les accompagnait; d'ailleurs on trouve souvent des fossiles très bien conservés dans les quartzites. Il paraît

que, si le métamorphisme qui a produit ces roches s'est développé sous l'action de la chaleur, l'élévation de la température a été très peu considérable. Ce sont probablement des causes analogues qui ont produit cette altération dans les grès et qui ont fait naître la fissilité ardoisine dans les couches argileuses qui leur sont associées.

Cependant les causes métamorphiques ont été quelquefois plus intenses, et alors la matière argileuse qui est mélangée avec les grains de quartz dans les grès, ou qui forme des lits séparés, a été changée en feuillets luisants, chloriteux. Ce caractère se voit rarement en Bretagne, plus souvent dans les Pyrénées, où les quartzites se montrent en beaucoup d'endroits associés à des schistes feuilletés, modifiés; mais c'est en Norvège, dans le Guldbrandsdal, qu'il m'a paru être le plus développé; on y voit sur plus de 15 lieues d'étendue, entre *Lauergaard* et *Løsnæs*, une succession de puissantes assises de quartzite et de couches feuilletées, verdâtres, chloriteuses. Le quartzite gris clair et translucide un peu schisteux est mélangé de feuillets de chlorite verte, et passe lui-même au schiste chloriteux. C'est la même cause qui a modifié sur de très vastes surfaces ces roches de quartz, et qui a rendu feuilletés et chloriteux les schistes dont elles sont accompagnées.

Grès changés en quartz tout-à-fait compactes.

Les grès quartzeux présentent quelquefois une manière d'être fort remarquable, déjà observée par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont (1), et due à des actions métamorphiques qui ont presque rendu méconnaissable l'origine de ces roches; la structure grenue a tout-à-fait disparu; ce sont des masses compactes, à cassure inégale ou conchoïde, translucides, ne différant des quartz compactes des filons que par un mode de division particulier et par le mélange de parties opaques et de parties hyalines, mais quelquefois tellement fondues les unes dans les autres qu'il est difficile de les discerner. Les quartz compactes sont d'un gris clair, blanchâtres, souvent rouges ou rosés; un caractère essentiel qui les distingue des quartzites ordinaires et des quartz de filon, c'est leur mode de division: le plan de stratification n'y est plus reconnaissable, des plans de clivage se sont formés, non à angle droit, mais sous un angle d'environ 60°; c'est la structure pseudo-rhomboidale qui s'est développée. D'ailleurs ces quartz sont quelquefois

(1) *Explication de la carte géologique de France*, p. 77.

d'une excessive fragilité, et se réduisent en une multitude de petits fragments sous le choc du marteau. Dans les quartzites ordinaires le caractère de la stratification s'est conservé, et donne lieu à un plan de division dans le sens des couches; ils ont de la tendance à se diviser dans deux autres sens, de sorte qu'on peut les débiter en blocs rectangulaires de la même manière que les grès de Fontainebleau : aussi sont-ils employés pour le pavage des villes dans l'ouest de la France.

Tous les endroits où j'ai vu des masses de quartz devenu compacte sont situés dans le voisinage du granite, et cette modification s'est produite jusqu'à une distance d'environ 1,000 mètres de la ligne de contact, ainsi au bourg de Saint-Rémy, au midi de Sens, dans l'Ille-et-Vilaine : au-delà, ces caractères deviennent de moins en moins prononcés et finissent par s'effacer. D'ailleurs l'état compacte et la cassure pseudo-rhomboïdale ne se sont pas développés également dans tous les points où les quartzites sont en contact avec le granite; souvent ce genre de métamorphisme est faiblement marqué; et même, en général, au contact du granite les quartzites n'ont pas été aussi fortement modifiés que les schistes, les grauweekes ou les calcaires.

Pénétration remarquable de la silice dans les grès.

Je vais décrire ici une manière d'être propre aux quartzites, que j'ai observée principalement en Bretagne; elle s'est produite dans le voisinage des granites, mais elle se manifeste à des distances de plusieurs kilomètres de ces roches : c'est la pénétration des quartzites par de la silice qui semble avoir imbibé toute la masse du grès, avoir imprégné les grains de quartz dont elle est composée; elle s'en distingue par un aspect uniformément translucide, laiteux ou presque hyalin et par l'absence de structure grenue; elle forme comme le ciment des grains de quartz. D'ailleurs elle présente une foule de veinules ou de petits filets ramifiés dans tous les sens et formant comme un réseau; en certaines parties elle s'est concentrée sous forme de filons branchus très irréguliers. Ces grès imprégnés de silice résistent beaucoup mieux aux influences désagrégeantes des agents atmosphériques, et donnent lieu à des accidents du sol très pittoresques; ils ont des formes variées, celle d'une muraille ébréchée, d'une tour, d'une pyramide ou de monuments en ruines : je puis citer comme des lieux intéressants, soit pour les caractères de pénétration de la silice dans les grès, soit pour leur disposition pittoresque, les rochers de Gosné et de Châ-

tillon en Vendelais, dans l'Ille-et-Vilaine, la partie de la chaîne d'Arrez où se trouve le mont Saint-Michel, dans le Finistère, et les escarpements en forme de muraille dentelée qui longent, sur presque toute son étendue, la rive gauche de la rivière de Landerneau, jusqu'à son embouchure dans la rade de Brest. Les zones schisteuses qui entourent les granites de la Bretagne ne présentent pas de disposition de ce genre; on y rencontre des filons, des veines ramifiées et des amas de quartz, mais ce minéral ne s'est pas répandu au milieu de la pâte des schistes, tandis que dans certaines régions, les grès ressemblent à une éponge qui se serait imprégnée de silice.

Caractères du métamorphisme maclifère.

Examinons maintenant les caractères du métamorphisme maclifère qui s'est développé en des contrées fort éloignées les unes des autres, et sous l'influence du granite; je ne connais pas un seul gisement de macles qui ne soit en relation avec cette roche pyrogène.

Le long de la limite des roches granitiques, les terrains de transition de la Bretagne, cambrien et silurien, renferment très fréquemment des macles; je n'en ai pas remarqué dans les grès, mais seulement dans les schistes et les grauwackes schisteuses: il est important de remarquer que ce ne sont pas les couches les plus voisines du granite qui renferment les macles les mieux cristallisées et les plus pures; ainsi les macles des Salles qui se trouvent dans des schistes siluriens en sont éloignées d'au moins 3 kilomètres; la cause qui a déterminé la formation épigénique des macles hyalines est inhérente au voisinage, mais non au contact même du granite. D'ailleurs les quartzites qui sont associés aux couches maclifères de cette localité ne sont pas plus modifiés qu'ailleurs; bien loin d'être devenus durs et compactes, ils sont caractérisés par la texture grenue et l'absence de compacité qui rendent le grès des Salles si précieux pour la construction des ouvrages des hauts-fourneaux.

Dans les montagnes d'Arrez, les mêmes couches de schistes cambriens qui sont exploitées pour ardoises contiennent souvent des macles bien caractérisées; leur présence est due à la proximité de deux masses granitiques, et principalement de celle qui longe le pied septentrional des montagnes d'Arrez. Ici les macles se trouvent à une distance d'environ 1,500 mètres du granite; mais soit du côté nord, soit du côté sud, elles en sont séparées par

une bande de quartzite dont la largeur minimum est de 7 à 800 mètres.

Aux environs de Rochefort et de Redon (partie sud de la Bretagne), la bande schisteuse silurienne qui est interposée entre deux sillons granitiques, et qui est exploitée pour ardoises, contient d'assez belles macles; les couches où elles se trouvent ne sont pas assez fissiles pour fournir de l'ardoise, mais les bancs adjacents du côté nord forment une zone ardoisière sur laquelle on a ouvert un grand nombre d'exploitations. Les schistes maclifères de cette contrée sont un peu différents de ceux des Salles; ils ont un facies particulier, surtout aux environs de Rochefort; ils sont lisses, satinés et plissés; on y voit miroiter une foule de paillettes brillantes; ils offrent une série alternative de petites bandes rubanées de moins d'un demi-millimètre d'épaisseur; c'est dans la cassure transversale qu'on les voit se dessiner d'une manière nette, les unes brillantes et d'un gris clair, les autres ternes et d'un gris noir. Le plissement du schiste qui a donné lieu à ces bandes rubanées paraît s'être fait après la cristallisation des macles, car les plis ou rides que présentent les plans de séparation se courbent légèrement autour des cristaux macleux. Dans cette région le métamorphisme maclifère s'est étendu jusqu'à une distance d'environ 3 kilomètres du granite, à Aucfer, près Redon.

Dans les parties de la Bretagne où le granite ne s'est pas fait jour à travers des schistes argileux, mais au milieu de grauwackes à petits grains, comme dans le nord de l'Ille-et-Vilaine, et dans la Manche, on ne trouve pas habituellement de cristaux de macle hyaline, mais une énorme quantité de noyaux noirs et opaques dont la formation se rattache à celle des macles, car ces deux substances se trouvent associées dans les schistes métamorphiques, et quelquefois il semble y avoir un passage de l'une à l'autre (1). On pourrait considérer ces noyaux noirs comme des cristaux imparfaits, n'ayant pas subi la transformation épigénique par suite de laquelle les macles ont été changées plus ou moins complètement en andalousites. La matière qui les constitue est en effet très diffé-

(1) L'origine des gîtes de minerai de fer du Bas-Vallon, dans la forêt de Lorges et de Sainte-Brigitte, près les Salles de Rohan, minerai qui consiste en un mélange d'alumino-silicate de fer, d'oxydule de fer et de grenats ferrugineux, paraît être en relation avec les causes métamorphiques qui ont fait naître ces noyaux noirs, car on en voit une grande quantité dans les couches de schistes modifiés noirâtres, où sont interposés ces gîtes; il y a aussi de véritables macles dans le voisinage.

rente de la substance hyaline des vraies macles ; elle se laisse rayer par une pointe d'acier et fond assez facilement au chalumeau. Ces noyaux prismatiques noirs, que je désignerai sous le nom de *fausses macles*, sont ordinairement arrondis sur les angles et ont une forme lenticulaire ; ils ont 3 à 4 millimètres de longueur sur 1 à 2 de largeur ; ils sont tellement abondants que la roche en est criblée, et dans un fragment de la grosseur du poing, il y en a plus d'un mille. Dans les grauweekes modifiées, ces cristaux imparfaits sont presque toujours accompagnés d'une multitude de feuillets de mica gris qui ont un éclat métallique, sont disséminés dans toute la masse, même au milieu des noyaux noirs, et sont orientés dans divers sens, au lieu d'être couchés parallèlement comme dans les micaschistes ou les gneiss. Le mica et les fausses macles (noyaux noirs) sont entourés d'une matière grenue, grise ou d'un gris verdâtre, consistant en détritux quartzeux et argileux ; c'est la matière qui constitue la plupart des grauweekes à petits grains, mais elle est ici principalement quartzeuse. Il est évident, quand on examine la nature de cette roche et que l'on voit le métamorphisme s'y développer graduellement, qu'elle était dans l'origine une grauweeke ordinaire ; il s'y est fait un mouvement moléculaire qui a donné naissance aux noyaux noirs que nous avons décrits, aux feuillets de mica, et les parties quartzeuses sont restées comme ciment. Ces cristaux rudimentaires forment un élément essentiel des grauweekes modifiées de la Bretagne, et se montrent sur d'immenses étendues sans aucune interruption de continuité : ainsi sur la zone métamorphique qui longe la limite septentrionale des granites de Hédé, Saint-Brice, Louvigné, etc., et qui a plus de 20 lieues de longueur sur 2,000 mètres de largeur moyenne, on trouverait bien peu d'endroits où la roche ne soit criblée de ces noyaux. Cette espèce de grauweeke métamorphique forme des zones tout-à-fait continues que l'on voit suivre les sinuosités des masses granitiques, et qui ont une largeur de 1,500 à 2,000 mètres ; mais il y a des variations analogues à celles déjà citées en Norvège, c'est-à-dire qu'il y a accroissement en largeur dans les points où deux masses granitiques se rapprochent l'une de l'autre, ou bien lorsque la limite extérieure du granite présente des concavités en forme de golfe ; alors l'épaisseur de la zone métamorphique est souvent presque doublée. Dans ces grauweekes, le développement des fausses macles et celui du mica sont presque inséparables ; ces minéraux se sont formés simultanément et sur une échelle immense ; ils deviennent moins abondants sur les bords des zones modifiées, de sorte qu'il

y a décroissement dans l'intensité du métamorphisme à mesure que l'on s'éloigne du granite, mais ce décroissement ne devient bien sensible qu'à une distance de 12 à 1,500 mètres.

Cristallisation des staurotides en Bretagne.

La cristallisation des staurotides en Bretagne est un phénomène local, et qui n'a pas le même caractère de généralité que le métamorphisme maclifère : les staurotides se trouvent en plusieurs endroits dans une zone de schistes feuilletés, passant au schiste micacé, situé le long de la masse granitique qui s'étend des environs du *Facuet* à *Locronan* ; leur gisement principal est aux environs de Coray, à une distance de 3 à 4 kilomètres de cette bande de granite ; mais elles ne forment pas une zone continue, et sont disséminées dans les schistes. Le peu d'affleurements qu'il y a dans cette région ne permet pas de reconnaître si le granite affleure à une distance moins éloignée.

Gisement des macles dans les Pyrénées

J'ai déjà fait connaître ce qui concerne le gisement des macles en Norvège ; je vais ajouter quelques détails sur les macles des Pyrénées que M. de Charpentier a très bien décrites dans son ouvrage sur les Pyrénées (1) : elles offrent à peu près les mêmes variétés que celles de la Bretagne ; il y en a de blanches et vitreuses présentant habituellement une bande noirâtre centrale, tantôt seule, tantôt accompagnée de quatre bandes noires situées sur les arêtes, et de filets passant par des plans diagonaux ; il y a aussi des prismes macleux dont l'intérieur est entièrement formé de matière noire, et qui sont seulement recouverts d'une pellicule blanche. Dans les Pyrénées on trouve quelquefois les macles de même qu'en Bretagne, au milieu de schistes argileux qui ne sont pas très sensiblement modifiés, et c'est aussi dans des schistes argileux noirâtres ou d'un gris foncé, colorés par des matières charbonneuses : telles sont les couches où on les trouve dans la vallée de *Luchon*, près du hameau de *Pradviel*, dans la vallée de Héas, et dans la vallée de l'*Essera*, entre cette ville et le torrent de *Mallivierna* : néanmoins c'est le plus souvent dans des schistes feuilletés plus ou moins modifiés et passant au schiste micacé que se

(1) *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées*, par J. de Charpentier, p 493.

trouvent les macles des Pyrénées. M. de Chapentier en cite (1) dans du calcaire gris presque compacte, au nord de Portet (vallée de Castillon); cela fait voir que la cristallisation des macles n'est pas exclusivement propre aux schistes et aux grauwackes, qu'elle peut aussi se développer, mais plus rarement, dans les calcaires.

Les macles des Pyrénées se montrent çà et là disséminées dans les schistes, et souvent à des distances de 1,500 à 2,000 mètres du granite : ainsi dans la vallée de Larboust, dans celle de Baréges, aux environs de Bagnères, et au port de Lapez, qui conduit dans la vallée de Gistain; les belles macles de cette dernière localité montrent qu'ici, comme en Bretagne, ce n'est pas dans les points les plus voisins du granite que se sont développées les circonstances les plus favorables à la cristallisation. D'ailleurs les schistes modifiés et les schistes cristallins des Pyrénées renferment peu de minéraux particuliers; outre les macles et le dipyre, on y trouve de l'amphibole, des grenats et du graphite, mais on n'y voit ni staurotide ni disthène.

Dans les Alpes il y a autour des roches granitiques des zones de schistes métamorphiques, et il s'y trouve en plusieurs endroits des minéraux particuliers, mais les macles qui se développent généralement dans la zone de contact des schistes et des granites paraissent manquer tout-à-fait dans les Alpes. On y trouve, au Saint-Gothard, la staurotide et le disthène dans des schistes feuilletés, d'apparence talqueuse, voisins du granite. On y voit encore, dans des schistes feuilletés ou cristallins, de l'amphibole, du pyroxène, des grenats, de l'idocrase, du sphène, de l'apatite, de beaux cristaux de feldspath.

Les schistes micacés sont le produit d'un métamorphisme.

Maintenant nous allons examiner le métamorphisme qui a donné naissance aux schistes micacés et aux gneiss : quand on étudie les changements graduels qu'éprouvent les schistes argileux et les grauwackes à petits grains à l'approche des grandes masses de granite, quand on voit le schiste devenir d'abord luisant, prendre une texture feuilletée qui devient de plus en plus prononcée, jusqu'à ce que les feuillets offrent tous les caractères du mica, du talc ou de la chlorite, quand on voit cette transformation s'opérer d'une manière insensible, sans qu'il y ait de changement dans la

(1) *Essai sur la constitution géognosique des Pyrénées*, par J. de Charpentier, p. 226.

stratification, on est conduit à reconnaître que les schistes cristallins dérivent des terrains sédimentaires, et que très probablement ils résultent d'un phénomène de transmutation. D'ailleurs la comparaison avec d'autres roches peut nous convaincre que la présence du feldspath et du mica dans les schistes cristallins peut très bien résulter d'actions métamorphiques; n'avons-nous pas vu en effet que souvent dans les grauwackes et les grès il se développe du feldspath, qu'il y a de petits cristaux d'albite dans des couches calcaires, ainsi au col du Bonhomme; et tout-à-l'heure, dans les grauwackes maclifères de l'Ille-et-Vilaine, sur l'origine desquelles il ne peut y avoir le plus léger doute, n'avons-nous pas vu qu'il y a une grande quantité de feuillets de mica, aussi nettement formés que ceux des micaschistes?

Les gneiss ont aussi une origine métamorphique.

Le passage insensible du schiste micacé au gneiss, leurs fréquentes alternances, montrent que ces deux roches ont la même origine; dans un Mémoire sur la Finlande, présenté à l'Académie des sciences, j'ai fait voir que les caractères de la stratification, que la succession de couches régulières formées, les unes de grains de quartz et de feldspath, les autres de feuillets de mica, succession qui donne quelquefois à la roche l'aspect d'un grès, que la présence de bancs calcaires, d'assises de quartzite et de couches de graphite, rendent très probable l'origine sédimentaire et métamorphique des gneiss et des micaschistes de cette contrée. Les mêmes caractères se manifestent plus ou moins marqués dans les gneiss d'autres pays: ainsi j'ai cité des couches calcaires dans les gneiss des Pyrénées (1); j'en ai aussi observé dans des couches de schiste micacé sur la rive gauche de la Loire, près d'Ancenis; j'ai remarqué des couches de quartzite dans les micaschistes des Pyrénées, dans ceux du Maine-et-Loire, au midi de Montjean, dans les gneiss des environs de Quimper. M. Dufrénoy a cité des bancs calcaires dans les gneiss du massif central de la France (2); M. Élie de Beaumont en a décrit de très beaux exemples dans les gneiss des Vosges (3), et il y a fait connaître aussi la présence de couches d'anthracite. Dans le département de la Loire-Inférieure, j'ai aussi observé des gisements d'anthracite, sur lesquels on a fait

(1) *Annales des mines*, 4^e série, vol. VI, p. 80.

(2) Texte de la carte géologique de France, vol. I^{er}, p. 119.

(3) *Idem*, pages 312 et 314.

des recherches approfondies, près de *Vieilleville* et de *Saint-Mars*, et qui sont interposés au milieu de la formation gneissique. L'ensemble de ces faits démontre qu'au moins une partie des roches de gneiss résulte de la transformation de terrains de sédiment : néanmoins je suis loin de prétendre que toutes les roches auxquelles a été donné le nom de gneiss doivent leur état cristallin à un métamorphisme ; car il y a beaucoup de roches schistoïdes, de granites, syénites, diorites, etc., qui me paraissent devoir leur structure schisteuse plus ou moins prononcée, non à un dépôt, mais à des causes de natures diverses, soit à une action de compression, soit à des causes physiques, thermo-électriques ou autres, qui ont agi sur ces roches pendant leur refroidissement, et ont imprimé aux particules de mica, et quelquefois aussi aux particules feldspathiques, un alignement dans un certain sens. En général, dans les granites schistoïdes, les feuillets de mica, au lieu d'être exactement couchés suivant un même plan, sont orientés parallèlement à une direction déterminée, et jamais ces roches ne présentent le caractère d'une succession alternative de lits formés d'éléments différents, les uns quartzeux, les autres micacés : or, c'est ce caractère qui constitue la stratification des véritables gneiss, et non la schistosité, qui peut être disposée dans un sens différent de la stratification. La distinction des vrais gneiss et des granites schisteux peut présenter des difficultés sur des échantillons isolés ; mais elle me paraît facile à faire sur des formations un peu étendues.

Sur l'origine des gneiss et des micaschistes qui constituent des formations indépendantes.

Le micaschiste et le gneiss se montrent généralement subordonnés à des masses granitiques ; mais quelquefois, dans le nord de l'Europe par exemple, ces roches semblent constituer des formations indépendantes qui sont en connexion avec le granite ; car celui-ci s'y montre en une foule d'endroits sous forme de masses irrégulières, de filons ou de veines ramifiées ; néanmoins il est souvent impossible d'attribuer le métamorphisme de ces grandes masses de gneiss aux îlots granitiques qui s'y montrent disséminés çà et là, vu qu'ils sont trop peu étendus, et que leur action aurait dû s'exercer à de trop grandes distances. On peut supposer alors que ces vastes formations de gneiss et de micaschiste ont été soumises à l'action métamorphique d'un bain de granite situé à une profondeur plus ou moins considérable au-dessous de la surface,

et qui a lancé en divers endroits des injections à travers la croûte de gneiss qui le recouvrait. On peut aussi assimiler la production de ces gneiss à l'influence de causes ignées analogues à celles qui réagissent aujourd'hui à l'intérieur des massifs volcaniques des Andes, et qui doivent produire des effets métamorphiques d'une grande énergie sur les terrains adjacents, quoique aucune coulée de lave ne s'épanche actuellement de ces grands soupiraux volcaniques.

Actions métamorphiques développées de bas en haut et latéralement.

En général, il me paraît nécessaire de distinguer en deux genres les actions qui ont modifié les terrains stratifiés : 1° celles qui se sont développées de bas en haut, et dont les effets sont en connexion avec les roches plutoniques qui affleurent à la surface, sans leur être cependant subordonnés ; 2° les actions qui se sont développées latéralement dans un sens horizontal ou oblique, et qui, émanant des masses plutoniques visibles à la surface, ont fait naître autour de ces masses des zones modifiées qui leur sont concentriques, telles que les zones maclifères de la Bretagne, les zones de schistes et de calcaires siliceux de la Norvège.

Des circonstances diverses, qu'il est difficile d'apprécier, ont dû influencer sur la formation des gneiss et des micaschistes : ainsi, dans les Pyrénées, où le granite forme des masses nombreuses et d'une grande étendue, où il y a des granites de diverses espèces, à petits grains, à gros grains et porphyroïdes, le gneiss est peu développé et ne se trouve qu'en masses peu considérables ; il se montre toujours subordonné au granite, quelquefois intercalé au milieu, mais plus souvent sur les flancs mêmes des grandes masses granitiques que dans leur partie centrale. C'est un fait remarqué par tous les observateurs que, dans les Pyrénées, le centre des protubérances granitiques est formé de granite pur, et ne présente habituellement ni micaschiste ni gneiss.

Transformation des schistes argileux en micaschistes dans les Pyrénées.

Le contact du granite et des terrains paléozoïques des Pyrénées a donné lieu d'abord à des schistes luisants, feuilletés, puis à des schistes micacés au contact immédiat. Quand on explore les lignes de jonction du granite et des schistes, il est presque impossible de ne pas reconnaître que les schistes micacés qui entourent les gra-

nites sont le résultat d'un métamorphisme des terrains de transition ; car on voit une même série de couches entièrement à l'état de schistes argileux dans une vallée , et à l'état de schiste feuilleté et de micaschiste dans la vallée voisine , où elle se trouve plus rapprochée du granite. Ce fait a été remarqué, il y a déjà fort longtemps, par M. de Charpentier, qui est bien connu par l'exactitude de ses observations. A une époque où les idées de métamorphisme n'avaient pas pris rang dans les sciences , il disait, sans songer aucunement à ces idées : « Le schiste micacé que l'on trouve près des » villages de *Lasbordes* et de *Bénous*, dans la vallée d'*Arran*, de- » vient du schiste argileux dans la vallée de *Luchon*, au-dessus de » *Castelviel*. » (Ouvrage déjà cité, p. 187.) La cause qui a changé les schistes argileux des Pyrénées en micaschistes a aussi généralement rendu cristallins les calcaires qui les accompagnent, tantôt grenus ou saccharoïdes, tantôt lamelleux, et quelquefois à très grandes lames. Cependant, au milieu même des schistes micacés, on voit souvent intercalés des schistes luisants argilo-calcaires, à cassure esquilleuse, appelés *calcschistes* ; quelquefois même, ainsi au col d'*Andorre*, qui conduit de la vallée de *Vicdessos* dans celle d'*Andorre*, on voit des schistes fissiles, ardoisiers, alterner avec des couches de schiste micacé. On voit aussi, au milieu des schistes feuilletés et des micaschistes, des couches de schistes siliceux et de quartzite, qui est habituellement un peu schisteux.

Dans les Pyrénées, l'influence métamorphique du granite sur les terrains de transition commence à se faire sentir généralement à une distance de 3 à 4 kilomètres : c'est alors que les schistes commencent à être luisants et à devenir feuilletés ; mais ils ne deviennent véritablement micacés qu'à une distance moyenne de 1,500 mètres, et encore, à partir de là, voit-on de fréquentes alternances de couches qui ne sont que feuilletées avec celles qui sont tout-à-fait micacées. Je n'ai point observé, dans cette chaîne, de montagnes de formation de micaschiste indépendante du granite ; toutes les zones que j'ai remarquées sont subordonnées à des masses granitiques, et en suivent à peu près le contour. Les deux zones principales sont indiquées sur la carte géologique de France ; l'une s'étend de la vallée d'*Arran* à celle de *Larboust*, en passant par *Bagnères-de-Luchon* ; l'autre entoure la masse granitique de *Néouvielle* ; elle constitue les environs de *Baréges* et le haut de la vallée de *Campan* ; mais ces deux zones, et surtout la dernière, sont bien loin d'être entièrement formées de schiste micacé. On remarque dans la zone modifiée de *Baréges* un ensemble de couches de schistes modifiés, plus ou moins feuilletés, de schiste argilo-

calcaire, de schiste siliceux en assises très épaisses, et de calcaire cristallin; cette zone a de 4 à 5 et jusqu'à 6 kilomètres d'épaisseur; mais on y voit interposés çà et là quelques petits îlots granitiques, qui ont exercé une action métamorphique autour d'eux, et qui, par suite, ont dû élargir la zone modifiée. En général, il est presque impossible, dans les Pyrénées, de tracer une limite précise entre les micaschistes et les schistes modifiés, feuilletés, vu leur mélange et leurs alternances; néanmoins ce sont les couches les plus voisines du granite qui sont ordinairement formées de micaschiste proprement dit.

Micaschistes et gneiss de la Bretagne subordonnés à deux grandes bandes granitiques.

En Bretagne, il y a deux grandes bandes granitiques allongées de l'E. à l'O., qui forment le littoral N. et le littoral S. de la Péninsule, et dans l'intervalle qui les sépare s'étendent les terrains palæozoïques sur une largeur variable qui est d'environ 150 kilomètres sur le méridien de Rennes. C'est autour de ces deux bandes de granite que s'est développé le métamorphisme qui a produit les gneiss et les micaschistes; mais nulle part il n'y a passage immédiat des schistes argileux au gneiss: les schistes modifiés, feuilletés, et les schistes micacés, forment toujours une zone intermédiaire d'une épaisseur plus ou moins grande. On trouve d'abord, si l'on s'avance vers le granite, des schistes modifiés, luisants, feuilletés, qui contiennent souvent des macles, quelquefois de la staurotide ou du disthène; ensuite vient une zone de micaschiste qui est pénétrée çà et là de veines et typhons de granite; puis vient la formation de schistes cristallins et de granite, qui offre des mélanges et des alternances de granite, de gneiss et de micaschiste. Il y a donc trois manières d'être successives des roches schisteuses: les schistes feuilletés, les schistes micacés et les gneiss. L'ordre dans lequel se développent ces trois états différents montre quelle devait être l'intensité relative du métamorphisme qui a produit chacun d'eux. Je ferai observer que c'est principalement dans la zone occupée par les micaschistes et les gneiss qu'on trouve ces minéraux cristallisés qui ont enrichi les musées de Nantes et de Vannes, savoir: la tourmaline, l'apatite, l'andalousite, l'idocrase, l'épidote, l'émeraude, le feldspath, l'amphibole, le pyroxène, les grenats et le sphène.

Pour montrer comment s'effectue le passage des terrains palæozoïques au gneiss, je vais citer deux exemples relatifs, l'un à

la bande granitique du N. de la Bretagne, l'autre à celle du midi. La lisière des marais de Dol, entre Châteauneuf et Saint-Méloir, est bordée par une zone de schistes modifiés, feuilletés, sans macles, qui succède aux schistes argileux et aux grauwackes du terrain de transition inférieur; elle a plus de 4 kilomètres d'épaisseur, mais dedans sont intercalés çà et là de petits îlots granitiques. Un peu plus au N.-O., de *Cancale* à *Saint-Suliac*, s'étend une zone de schiste micacé qui a un peu plus de 1 kilomètre d'épaisseur; puis vient une alternance et un mélange de schistes micacés, de grauwackes micacées et de gneiss qui s'étend sur plusieurs kilomètres de largeur, et au milieu on voit affleurer de petites masses de granite; puis, en approchant de Saint-Malo, on voit dominer le gneiss accompagné de granite qui offre souvent une texture schistoïde.

Disposition des terrains métamorphiques dans la partie méridionale de la Bretagne.

Dans la partie méridionale de la Bretagne, la contrée qui s'étend sur la rive droite de la Loire offre en premier lieu, au N. du terrain anthraxifère, une zone de schistes talqueux et stéatiteux déjà décrite page 333, d'environ 7,000 mètres d'épaisseur; puis, en allant vers le midi, on trouve le terrain anthraxifère, auquel succède une zone de grauwacke et de poudingue qui est resserrée entre les couches à combustible et le terrain cristallin, et qui est disposée en forme de lentille dont la largeur maximum, dans la partie centrale, est d'environ 8,000 mètres; cette grauwacke ne paraît pas être sensiblement modifiée, si ce n'est autour des îlots porphyriques de cette région. Mais au-delà, vers le midi, commence une zone de schistes modifiés très luisants et feuilletés qui deviennent de plus en plus cristallins à mesure que l'on s'avance vers le midi. Cette bande, dont la largeur moyenne est d'environ 1,500 mètres, est suivie d'une zone de micaschiste proprement dit de 1,500 à 2,000 mètres d'épaisseur, et alors commence une vaste formation gneissique qui a de 16 à 17 kilomètres de largeur, depuis la zone de micaschiste jusqu'à la grande masse granitique de Clisson et de Chollet; elle n'est pas entièrement formée de gneiss pur; on y voit intercalées des assises de micaschiste, et le granite s'y est introduit en beaucoup d'endroits sous forme de typhons, de filons branchus et de masses qui ont en général peu d'étendue. Il est à remarquer que cette vaste formation de gneiss conserve presque partout la même stratification que celle des couches de

schistes micacés et de schistes feuilletés situés plus au N., c'est-à-dire la stratification de la formation silurienne et dévonienne, caractérisée par la direction O.-N.-O., E.-S.-E., relativement au méridien magnétique. A l'O. et au S.-O. des granites de Clisson, et au S. de ceux des environs de Nantes, se continue la même formation gneissique; mais, outre les assises de schiste micacé et talqueux qu'elle renferme, on y voit encore en beaucoup d'endroits des schistes feuilletés qui sont évidemment des schistes argileux modifiés et aussi des couches de grès, de poulingue et d'anthracite (près de Vieille-Vigne et sur les bords du lac de Grand-Lieu), qui ne forment pas des lambeaux d'un terrain palæozoïque superposé au gneiss, mais qui sont interstratifiés dans la formation gneissique elle-même et qui accusent son origine première; néanmoins je ne pense pas que l'on doive assimiler aux gneiss certaines variétés de granite de cette contrée, où la structure schistoïde est très développée.

Remarques sur les actions métamorphiques développées dans le midi de la Bretagne.

On ne saurait attribuer le métamorphisme qui a produit cette vaste formation gneissique ni aux îlots de granite qui affleurent çà et là, ni même à la grande masse granitique de Clisson et de Chollet; car il est difficile d'admettre que l'influence de cette masse se soit fait sentir jusqu'à une distance de plus de 4 lieues et ait été assez intense pour développer la cristallisation des gneiss sur des masses dont la superficie est de plusieurs myriamètres carrés, et qui s'étendent probablement à une grande profondeur; il paraît indispensable d'admettre, comme nous l'avons déjà indiqué, une action métamorphique souterraine qui s'est développée, non pas latéralement, mais de bas en haut, et qui se rattache aux causes ignées dont les épanchements granitiques sont la manifestation. Le métamorphisme gneissique s'est développé sous cette puissante influence sur une zone dirigée à peu près de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., parallèlement à la côte méridionale de la Bretagne, et à peu près suivant la direction moyenne du terrain silurien: il y a donc une connexion entre le phénomène de soulèvement qui a produit les principaux traits du relief de la Bretagne et les causes qui ont déterminé la cristallisation des gneiss. Ces actions métamorphiques, auxquelles se rattache la formation des gneiss et micaschistes du Maine-et-Loire, de la Vendée, de la Loire-Inférieure, du Morbihan et du Finistère, se sont développées depuis

le Poitou jusqu'à la pointe du Raz, à l'extrémité occidentale de la Bretagne, le long de la côte S. : ainsi s'est formée une zone de près de 400 kilomètres de longueur occupée par le granite, le gneiss et le micaschiste, mais au milieu de laquelle se montrent quelquefois les schistes argileux modifiés, feuilletés. La largeur de cette zone ne peut être appréciée à son extrémité occidentale, vu la présence de la mer ; mais du côté oriental, son étendue en largeur est de près de 100 kilomètres depuis Chalonnès jusqu'à Fontenay et depuis Nort jusqu'aux Sables d'Olonne.

Actions métamorphiques développées dans le nord de la Bretagne.

Des actions métamorphiques semblables se sont développées le long du littoral N. de la Bretagne, depuis les environs de Saint-Malo et de Cancale jusqu'à l'île d'Ouessant ; elles ont produit aussi des micaschistes et des gneiss associés au granite, et formant une zone moins étendue que celle du midi de la Bretagne, car elle n'a pas beaucoup plus de 200 kilomètres de longueur. La présence de la mer ne permet pas de juger de son étendue en largeur ; mais si l'on considère que toutes les îles qui avoisinent le littoral, depuis Cherbourg jusqu'à Brest, Aurigny, Guernesey, Jersey, Ouessant, etc., sont formées de roches granitiques, on concevra que les causes qui ont fait surgir toutes ces masses de granite parsemées sur une aussi vaste étendue et se rattachant à une formation granitique cachée sous les flots, ont dû exercer un métamorphisme très intense sur les dépôts stratifiés.

Outre les deux grandes bandes de granite et de schistes cristallins qui dessinent d'une manière très nette le contour de la Bretagne et qui forment comme des digues le long de ses rivages, au milieu de la formation paléozoïque qui occupe la partie centrale de la Péninsule, il y a plusieurs sillons ou rides granitiques séparés les uns des autres, du moins à la surface, et ayant une épaisseur qui varie depuis 2 jusqu'à 7 ou 8 kilomètres. Sur le méridien de Rennes, où les terrains paléozoïques ont le plus d'étendue en largeur, il y a dans le département d'Ille-et-Vilaine quatre de ces sillons, trois dans la partie nord et un dans la partie sud : autour d'eux on ne trouve habituellement pas de micaschiste, ni de véritable gneiss ; ils ont développé à leur voisinage, dans les roches sédimentaires environnantes, des schistes luisants, feuilletés, des grauweekes micacées et chargées de noyaux noirs (fausses macles), mais privées de cristaux de feldspath. L'un de ces sillons, qui s'étend d'Antrain à Jugon, a produit des grauweekes formées

de mica et de noyaux noirs dans la partie orientale, tandis que dans sa partie occidentale, aux environs de Dinan et de Jugon, où il se relie à la bande granitique du nord de la Bretagne, il a fait naître des micaschistes passant au gneiss. Dans le département de la Manche, où le granite ne se montre que sous forme de sillons intercalés au milieu des terrains de transition, il ne s'est pas produit de gneiss, mais seulement des grauwackes et des schistes micacés contenant des noyaux noirs et des macles.

Ainsi le gneiss ne s'est formé que dans les bandes granitiques d'une grande étendue en largeur, qui constituent les régions littorales de la Bretagne, là où les actions métamorphiques se sont développées sur de très vastes surfaces. Leur influence se manifeste graduellement; et sur la limite où commencent à se montrer les gneiss et les micaschistes, on voit habituellement alterner avec ces roches des schistes ou des grauwackes schisteuses, plus ou moins fortement modifiées, mais dont l'origine est facilement reconnaissable; de sorte que les causes qui ont déterminé la cristallisation des roches schisteuses n'ont pas agi uniformément sur toutes les couches; elles ont complètement transformé les unes en laissant aux autres le cachet de leur ancienne origine.

Formation gneissique de la Scandinavie.

Nous allons jeter un coup d'œil rapide sur la formation gneissique de la Scandinavie, la plus remarquable de toutes celles du continent européen, à cause de son étendue et de son antiquité: elle constitue presque toute la Finlande, la plus grande partie de la Laponie, de la Suède et de la Norvège; dans ces deux derniers pays, elle est recouverte en plusieurs endroits par des lambeaux de terrain silurien. C'est très probablement la formation schisteuse la plus ancienne du globe; elle a été déposée et a pris son aspect cristallin avant le commencement de la période paléozoïque, et les granites associés à ces gneiss sont antérieurs aux terrains stratifiés dans lesquels on a trouvé les restes organiques les plus anciens. C'est dans la Scandinavie, formée des roches de la plus haute antiquité, que l'on pourrait espérer de rencontrer le granite vraiment primitif, celui qui a dû former la première écorce de notre planète, lorsqu'elle a commencé à se solidifier à la surface; mais nulle part on ne voit le gneiss reposer sur des roches granitiques que l'on puisse considérer comme étant plus anciennes. Probablement les gneiss de la Scandinavie nous représentent les premiers produits de la sédimentation, provenant des détritiques sableux ar-

rachés à la pellicule qui venait de se solidifier ; mais vu la petite épaisseur et le peu de cohésion de cette enveloppe, dès les premiers efforts qu'elle a éprouvés, elle a dû se rompre et s'affaisser dans le bain de matière liquide qu'elle recouvrait : alors les couches de gneiss se sont brisées, ont été plissées et redressées ; le granite s'y est injecté de tous côtés. Néanmoins, dans une classification des terrains qui composent l'écorce terrestre, on peut placer avec certitude la formation gneissique de la Scandinavie à la base de tous les dépôts stratifiés, les granites qui leur sont associés à la base des roches granitiques, et les diorites scandinaves à la base des roches amphiboliques : bien plus, parmi les granites du N. de l'Europe qui sont antérieurs aux terrains fossilifères les plus anciens, j'en ai distingué deux espèces d'âges différents séparés l'un de l'autre par la première apparition des diorites, et je regarde même comme fort probable qu'il y a eu plus de deux époques d'éruptions granitiques avant la période de transition ; mais les granites de divers âges ne présentent pas toujours des caractères minéralogiques assez positifs et assez constants pour que leur distinction puisse se faire avec facilité.

Dans la Scandinavie, il n'y a de passage d'aucune espèce entre la formation gneissique et la formation silurienne située au-dessus ; elles se distinguent l'une de l'autre de la manière la plus tranchée, tant par les caractères pétrographiques que par une incontestable discordance de stratification : cependant le terrain silurien a aussi été modifié par des granites ; mais nous avons vu que ce métamorphisme a consisté dans un effet de silicification, et que les schistes n'ont point acquis une structure cristalline qui les rapprochât des gneiss.

Formation intermédiaire entre le terrain de gneiss et le terrain silurien.

Mais il y a en Norvège une formation antérieure au terrain silurien dans laquelle on ne trouve pas de fossiles, mais qui présente de nombreux caractères d'analogie, d'un côté avec le terrain silurien, de l'autre avec la formation gneissique ; elle me paraît correspondre à cet ensemble de couches inférieures au terrain silurien que l'on avait désigné en Angleterre sous le nom de terrain cambrien, que M. Dufrénoy a reconnu dans l'O. de la France, et dont j'ai signalé l'existence dans les Pyrénées. Cette formation, qui est très développée en Norvège, renferme des assises de schiste argileux et de schistes cristallins, de grauwacke

et de poudingue, de quartzite et de calcaire tantôt cristallin, tantôt à grains fins et presque compacte, ressemblant alors tout-à-fait aux calcaires siluriens. Les schistes de ce terrain ont été remarqués depuis très longtemps par les savants qui ont étudié la géologie de la Norvège, MM. de Buch, Esmarck, Keilhau, Nauman, etc., et ont été désignés sous le nom d'*urthonschiefer* ou *schiste argileux primitif*, à cause de l'absence d'êtres organisés. En divers endroits on voit les couches de ce terrain reposer à stratification discordante au-dessus de la formation gneissique proprement dite, qui est encore plus ancienne et qui me paraît bien mériter le titre d'*urgneiss* ou *gneiss primitif*; mais quelquefois il semble y avoir un passage entre les deux terrains, sous le rapport de la stratification et sous celui de la composition; en effet, la formation d'*urthonschiefer* renferme souvent des couches de micaschiste, de schiste amphibolique et même de gneiss; d'un autre côté, la formation d'*urgneiss* présente quelquefois des couches de schiste argileux bien reconnaissable, et qui, en devenant peu à peu feuilleté, passe au micaschiste; on y voit aussi des couches de quartzite, et souvent en Finlande j'ai eu l'occasion d'observer que le gneiss offre l'aspect d'un grès micacé très nettement stratifié; il n'y a donc pas, sous le point de vue pétrographique, de séparation absolue entre la formation de gneiss, même la plus ancienne de l'Europe, et la formation sédimentaire qui lui succède immédiatement, et sur l'origine de laquelle il ne peut y avoir de contestation: c'est un nouvel argument à ajouter à ceux que nous avons déjà émis en faveur de l'origine sédimentaire et métamorphique des gneiss.

La différence de composition qui distingue la formation d'*urthonschiefer* de celle d'*urgneiss* peut s'expliquer par cette considération que les gneiss étant le premier dépôt formé aux dépens du granite, le feldspath et le mica ont été déposés sans avoir subi de décomposition, et souvent même sans avoir été réduits en détritiques très ténus; ils ont dû former des grès analogues aux arkoses de la France centrale, et alors la production des gneiss a dû consister en un simple effet d'agrégation. Au contraire, dans le dépôt d'*urthonschiefer* formé à une époque plus moderne, les détritiques étant maintenus plus longtemps en suspension dans l'eau et dans des eaux plus profondes, ils ont dû éprouver une décomposition et un triage plus avancés: alors ont dû se former des schistes argileux, des grauwackes, des quartzites, etc., qui, plus tard, étant soumis aux influences métamorphiques du granite, ont dû se transformer plus difficilement en gneiss; d'ailleurs le granite se montre plus rarement et moins intimement associé à la formation d'*urthon-*

schiefer qu'à celle de gneiss. Il est à remarquer qu'il y a des masses calcaires assez nombreuses dans la formation gneissique comme dans celle d'*urthonschiefer*, et s'il était reconnu que les calcaires ne peuvent se former que dans les mers où se trouvent des animaux marins, il en résulterait alors que dès cette époque primitive le globe était habité; la présence du graphite et même de l'anthracite semblerait indiquer aussi que déjà les végétaux commençaient à croître à sa surface.

En Suède et en Finlande, il est rare que l'on voie le gneiss s'étendre sur plusieurs lieues de longueur sans être interrompu ou mélangé de masses granitiques, et certaines parties de ces contrées sont presque entièrement formées de granite. On se ferait une idée très inexacte de la constitution géologique de la Suède si on se la représentait, ainsi que l'indique la carte géologique de M. *Hisinger*, comme consistant en une immense formation de gneiss parsemée de très petits îlots granitiques : au contraire, en Suède et en Finlande, les granites occupent une étendue plus considérable que les gneiss; mais il est rare de ne pas y voir interposées çà et là quelques lits ou feuillets de cette roche schisteuse.

L'état cristallin des gneiss de la Finlande et de la Suède peut être attribué aux roches granitiques qui semblent avoir baigné la formation gneissique, et s'y être injectées dans tous les sens. Mais en Norvège et dans la région montagneuse qui existe à la séparation de la Norvège et de la Suède, le gneiss forme des zones continues et très épaisses qui couvrent d'immenses surfaces, et s'élèvent jusqu'au sommet des plus hautes montagnes; l'on n'y voit affleurer le granite que rarement, et en masses peu considérables : alors le métamorphisme qui a développé la structure cristalline de ces gneiss ne peut être attribué qu'à l'influence de causes souterraines, qui, agissant de bas en haut, ont produit les mêmes effets sur les roches schisteuses dans les lieux où le granite a fait éruption, et dans ceux où il n'a pu traverser la formation gneissique pour venir s'épancher à la surface; d'ailleurs ces gneiss, ayant été formés par le dépôt de détritiques granitiques peu altérés, il aura suffi d'actions métamorphiques d'une faible intensité pour leur donner l'aspect cristallin.

Les gneiss et les micaschistes du nord de l'Europe sont très riches en cristallisations minérales; mais les minéraux qui s'y trouvent ne dépendent pas toujours du gneiss; beaucoup d'entre eux ne paraissent pas résulter d'actions métamorphiques, et sont liés aux veines granitiques ou amphiboliques qui se sont intro-

duites au milieu des schistes cristallins. Les principaux minéraux que contiennent ces schistes, et qui paraissent être en relation avec les phénomènes de métamorphisme, sont, outre les éléments constituant du gneiss : l'amphibole, le pyroxène, les grenats, l'épidote, le disthène, l'antophyllite, la dichroïte, la tourmaline, l'émeraude, la topaze, l'apatite, le sphène, le titane rutile et le graphite. Je ne cite pas la gadolinite, l'orthite, etc., qui évidemment ne dépendent pas du gneiss, mais des veines et filons de granite à gros grains que l'on y voit interposés.

Remarques sur la formation des gneiss.

La formation des gneiss est un des phénomènes de métamorphisme les plus complexes ; les micaschistes et les gneiss se rattachent tous deux au granite, mais à des degrés différents ; car nous avons vu que le gneiss se trouve placé, soit au milieu, soit au bord même des formations granitiques, tandis que généralement le micaschiste s'en trouve un peu plus éloigné, et forme, pour ainsi dire, la transition du gneiss aux schistes modifiés et simplement feuilletés. La production du gneiss est le résultat d'actions métamorphiques plus intenses, et qui se sont développées sur une grande étendue de terrain ; il est rare d'en voir autour des petites masses qui ont déchiré les dépôts sédimentaires. Peut-être ont-ils exigé pour se former une température plus élevée, et à voir les contournements bizarres, l'aspect rubané de ces roches, il semble que souvent elles aient dû être ramollics. Néanmoins la composition et la texture de la roche me paraissent avoir exercé une grande influence sur le développement du métamorphisme gneissique : beaucoup de roches ont été, avant d'être soumises aux actions métamorphiques, des grès semblables aux arkoses, mais dont les éléments étaient distribués par lits ou par strates présentant une succession de zones micacées et de zones formées de grains de quartz et de feldspath. Ce mode de division des éléments est facile à concevoir si l'on réfléchit que le mica, étant feuilleté, reste plus facilement en suspension dans les eaux que le quartz et le feldspath ; d'ailleurs les dépôts d'atterrissement nous en offrent des exemples : j'en ai vu en divers endroits, en Laponie, en Norvège et en Suède, sur les bords des fleuves qui charrient des détritiques granitiques.

J'ai aussi remarqué sur les plages granitiques de la Bretagne des sédiments analogues, qui me paraissent éclaircir l'origine d'une circonstance particulière au gneiss : on sait que les lits de mica qui s'y trouvent ne forment pas des couches régulières et continues,

mais des bandes plus ou moins étendues, variables en épaisseur, et offrant un aspect rubané. Or, à la surface des plages où les détritiques granitiques, livrés aux eaux de la mer, viennent former des dépôts d'atterrissement, on voit des bandes rubanées de mica dont le contour est ondulé, et qui sont allongées parallèlement au littoral; le mica est soulevé par les eaux du flux, puis déposé en forme de larges rubans, dont l'épaisseur varie d'un point à un autre. Si l'on suppose que des dépôts de cette nature soient soumis à l'influence modifiante du granite, ils seront changés facilement en gneiss; car il suffira que le feldspath, le quartz et le mica dont ils sont composés s'agrègent, de manière à prendre une texture cristalline (1). Beaucoup de gneiss provenant de la sédimentation de détritiques arrachés au granite, leur liaison avec cette roche est facile à concevoir; on comprend aussi pourquoi les gneiss se montrent en strates inclinées, au lieu de reposer horizontalement sur le granite. Dans les contrées où le granite est très développé, il a fait habituellement plusieurs éruptions, et alors les gneiss déposés sur le littoral, autour des premières masses, auront été redressés par de nouveaux soulèvements ou pénétrés par de nouvelles injections de granite. On peut les assimiler aux assises de tuf que l'on trouve au milieu des formations trappéennes ou volcaniques, et qui ont été formées par voie sédimentaire dans l'intervalle de deux éruptions. Cependant les éléments de certains gneiss ne paraissent pas avoir préexisté dans la roche au moment de son dépôt; et alors, pour se constituer, ces gneiss auront dû former de nouvelles combinaisons, et souvent emprunter quelque chose au granite: alors se seront produits ces phénomènes de contact, ces actions de ciment, propres en général aux roches pyrogènes, et dont la conséquence est de faire naître, dans la partie environnante des terrains stratifiés, des minéraux semblables à ceux dont elles sont composées. Si l'on considère que le feldspath et le mica ont de la tendance à se décomposer sous l'influence des agents atmosphériques, et que, après avoir été altérés, ils renferment moins d'alcalis que les minéraux intacts, on comprend alors que très souvent, dans la formation du gneiss,

(1) J'ai souvent observé, en étudiant des dépôts arénacés, que les grains de feldspath conservent assez bien leur forme cristalline dans le transport et dans l'acte de la sédimentation; ils s'arrondissent moins facilement que les grains de quartz: aussi des roches sédimentaires, formées d'éléments feldspathiques, comme la pierre carrée des bords de la Loire, peuvent être, en raison de leur aspect cristallin, facilement confondues avec des roches ignées, lorsque l'on n'a pas égard à leur disposition stratifiée et à la présence de débris d'êtres organisés.

l'influence du granite ne se sera pas bornée à un échauffement de la roche, mais aussi qu'il aura dû céder la matière alcaline nécessaire à la régénération du feldspath.

Les granites ont donc pu produire le métamorphisme gneissique de deux manières, soit en agrégeant et faisant cristalliser les éléments contenus dans la roche stratifiée, soit en y faisant naître de nouvelles combinaisons, et ajoutant les corps qui s'y trouvaient en trop faible quantité : ainsi l'on comprend pourquoi, dans certains cas, la présence du granite, même en masses peu considérables, a pu facilement produire des gneiss, tandis que dans d'autres cas les actions métamorphiques auront dû se développer avec plus d'intensité ou avec des caractères différents. Les changements apportés par les phénomènes de métamorphisme dans la structure, la composition et l'état cristallin des dépôts sédimentaires, ont dû être variables et se produire de manières très inégales, eu égard aux énormes variations que présente la composition de roches qui paraissent être aussi uniformes et aussi homogènes que les schistes argileux ; en effet, d'après les analyses qui en ont été faites, ils renferment de 48 à 80 p. 100 de silice, de 10 à 25 d'alumine, de 1 à 5 d'alcali, de 1 à 6 de chaux et de magnésie, et de 6 à 12 d'oxyde de fer. La composition élémentaire de ces roches varie donc plus que du simple au double, bien que leur aspect extérieur soit à peu près le même. Les grauwackes ont des compositions encore plus variables ; car elles sont formées des mêmes matières que les schistes argileux, mais dans un moindre état de ténuité ; ordinairement elles sont plus mélangées de grains de quartz, et offrent toutes les variétés de composition et de texture, depuis les schistes argileux jusqu'au grès quartzeux et aux poudingues.

L'intéressant Mémoire que vient de publier M. *Sauvage* dans la 3^e livraison des *Annales des mines* de 1845 (1) montre que dans les différentes variétés des schistes de transition, qu'ils soient à l'état de schiste argileux ordinaire ou de schiste ardoisier, les substances élémentaires, les bases et la silice se trouvent à plusieurs états de combinaison différents ; il y a reconnu : 1^o une matière chloritée formant un silicate multiple, pauvre en silice et en alcalis, soluble dans l'acide chlorhydrique ; 2^o un second silicate, plus riche en silice et en alcalis, soluble dans l'acide sulfurique, et dont la composition me paraît se rapprocher beaucoup de la

(1) *Recherches sur la composition des roches du terrain de transition.*

composition moyenne des micas ; 3° des détritiques quartzeux , souvent mélangés de détritiques feldspathiques insolubles dans les acides. Il est à remarquer que les parties quartzeuses et celles qui sont solubles dans l'acide sulfurique , mais pas dans l'acide muriatique, forment habituellement les 4/5 ou plus du schiste argileux , et que la matière chloritée s'y trouve comparativement en petite quantité. Si l'on conçoit le mélange de ces trois espèces de substances exposé à l'influence métamorphisante du granite , il se formera facilement des feuillets de chlorite et de mica , puisque deux des éléments de la roche présentent des compositions analogues à celle de ces minéraux. Si le quartz qui contient le dépôt sédimentaire est mélangé de détritiques feldspathiques pulvérulents , ceux-ci pourront s'agréger sous l'influence de la force attractive qui se développe dans le métamorphisme , et il se formera des cristaux de feldspath. Mais souvent les détritiques feldspathiques manquent dans les schistes , et ils ne s'y trouvent ordinairement qu'en petite quantité : alors la transformation en schiste micaé ou chloriteux s'effectuera beaucoup plus facilement que celle en gneiss ; pour que celle-ci ait lieu , il faudra que les éléments contenus dans le dépôt donnent naissance à de nouvelles combinaisons et empruntent , si c'est nécessaire , des alcalis ou de la substance feldspathique aux masses de granites environnantes. Ce développement de nouvelles combinaisons n'est pas impossible , puisque la staurotide , les micas , etc. , qui ne peuvent exister dans le dépôt de sédiment , nous en offrent des exemples incontestables ; mais les circonstances nécessaires pour cela se trouvent réalisées d'une manière moins générale.

La connexion qui existe entre le granite et le gneiss est plus intime qu'entre le granite et le micaschiste ; la cristallisation du feldspath dans les terrains stratifiés paraît donc avoir exigé des conditions plus spéciales que celle du mica ; c'est d'ailleurs ce que montre l'étude générale des terrains métamorphiques : dans les schistes , les grauwackes et les calcaires modifiés , les feuillets de mica ou de chlorite se montrent plus fréquemment que les cristaux de feldspath. Nous avons vu que , dans les pays où le micaschiste et le gneiss forment des zones massives autour des bandes granitiques , comme cela a lieu en Bretagne , la zone de gneiss se trouve plus près du granite que celle de micaschiste. Si le gneiss a pris naissance par l'introduction d'un corps étranger jouant le rôle de ciment , on conçoit que la cimentation se soit arrêtée à une certaine distance de la roche pyrogène , et qu'au-delà ait encore pu se développer à l'intérieur de la roche schisteuse un mouve-

ment moléculaire qui aura donné naissance à des feuillets de mica sans addition de substance étrangère.

Des considérations analogues peuvent rendre compte d'une circonstance bizarre en apparence, savoir, que dans les formations de schistes cristallins, et ordinairement dans les endroits où a lieu le passage des gneiss aux micaschistes ou des micaschistes aux schistes feuilletés, on voit quelquefois associées au gneiss ou au micaschiste des couches beaucoup moins cristallines et qui portent encore l'empreinte de leur origine sédimentaire : ainsi en Bretagne, entre Dinan, Châteauneuf et Saint-Malo, on voit en plusieurs endroits des grauwackes modifiées, micacées, plus ou moins schisteuses, mélangées avec des couches de gneiss et de micaschiste, à la séparation de ces deux roches, c'est-à-dire en des points où l'action métamorphique du granite avait trop diminué d'intensité pour former facilement du gneiss ; à cette limite, il aura suffi d'une différence assez minime soit dans la composition des couches successives, soit dans le degré de ténuité et la texture de leurs éléments, pour que les unes soient transformées en gneiss et que les autres prennent un état cristallin moins avancé. La transmutation des roches étant le résultat de mouvements moléculaires opérés dans des conditions diverses et qui ne dépendent pas seulement de la température, mais aussi de la nature des couches sédimentaires et d'autres circonstances qui peuvent nous être inconnues, on conçoit que, dans des couches où l'état cristallin est très développé, il puisse y avoir des couches de schiste et de grauwacke beaucoup moins modifiées et sur lesquelles la cause métamorphique ait eu pour ainsi dire moins de prise. On peut rapprocher cela d'un fait bien connu des fabricants d'acier : si des barres de fer d'origines différentes sont soumises en même temps à la cémentation et exactement dans les mêmes circonstances, elles seront cémentées d'une manière très inégale, bien qu'elles soient en présence d'un même ciment, exposées à la même température et qu'elles présentent des différences très minimes dans leur composition. Des effets du même genre ne doivent-ils pas avoir lieu, lorsqu'un ensemble de couches rocheuses qui diffèrent souvent beaucoup les unes des autres soit par la composition, soit par la grosseur et le mode d'agrégation de leurs éléments, est soumis à l'influence de causes métamorphiques tendant à y produire un mouvement moléculaire, à y développer la structure cristalline et même à y faire naître de nouveaux composés chimiques ? Le peu d'altération qu'ont subi certaines couches ne tient probablement pas, comme l'ont supposé divers géologues,

à une moindre fusibilité, car ce ne sont pas les couches les moins réfractaires qui sont le plus modifiées; et nous avons vu que la transformation des roches ne peut être assimilée à une demi-fusion.

D'ailleurs il est naturel que, dans le développement progressif du métamorphisme des roches schisteuses, la structure feuilletée se soit développée par suite d'actions beaucoup moins énergiques que celles qui ont produit les feuillets de mica bien caractérisé: en effet, cette structure feuilletée a pu se manifester sans qu'il en résulte aucun changement dans la nature des éléments constitutifs de la roche. C'est un genre de fissilité poussée à l'extrême, c'est le premier symptôme de métamorphisme, qui annonce le voisinage des roches plutoniques: il ne dépend pas, comme la formation du gneiss, d'une action de contact propre au granite, il résulte d'influences métamorphiques communes à beaucoup de roches différentes.

De la diversité des effets métamorphiques développés par le granite.

Néanmoins, dans les modifications qu'a produites le granite sur les terrains stratifiés de différentes contrées, il y a une diversité d'effets dont la cause est mystérieuse: pourquoi, par exemple, en Norvège, le granite *post-silurien* a-t-il produit une silicification sur les dépôts sédimentaires adjacents? Pourquoi s'est-il opéré un transport de silice à travers les schistes? Pourquoi, au contraire, en Bretagne, le granite, postérieur aussi au terrain silurien, au lieu d'endurcir les schistes et de les silicifier, y a-t-il fait naître des macles, du mica, etc.? Dans les Pyrénées, nous observons à peu près les mêmes effets qu'en Bretagne, mais les roches maclifères et les gneiss y sont moins développés; dans les Alpes, il y a des gneiss, des schistes micacés et des schistes talqueux en masses très étendues, mais il ne s'est pas produit de métamorphisme maclifère ni silicifère autour du granite. Il est à remarquer que le granite *post-silurien* de la Norvège, autour duquel les schistes sont chargés de silice et font feu au briquet, tandis qu'ailleurs ils sont tendres et friables, ce granite et la syénite zirconienne qui s'y rattache renferment une quantité peu considérable de silice comparativement aux autres roches granitiques; il s'y trouve au contraire beaucoup d'orthose en grands cristaux. On peut, il est vrai, considérer la faible teneur en quartz de ce granite comme provenant de ce que la silice aurait passé du granite dans les schistes; mais il semble qu'alors les granites devraient être beaucoup moins

quartzeux au voisinage des schistes que dans les portions qui en sont plus éloignées : cependant on n'observe pas de différence bien sensible. Les autres roches plutoniques nous ont aussi offert des variations dans la nature des effets qu'elles ont produits sur les terrains stratifiés environnants, mais aucune ne nous présente des exemples aussi frappants que le granite.

C'est encore à l'influence des roches granitiques que se rattache la cristallisation de la plupart des minéraux que nous avons cités comme ayant été produits dans les schistes ou les calcaires par voie métamorphique, savoir : la staurotide, le disthène, les macles, la couzérinite, etc. C'est ordinairement au voisinage du granite que se trouvent ces minéraux ; et ceux qui par leur nature diffèrent le plus de la composition des schistes ou qui renferment des éléments étrangers à la matière des schistes, tels que l'émeraude, la topaze, la tourmaline, etc., se trouvent habituellement dans des schistes micacés ou des gneiss, c'est-à-dire dans les roches modifiées qui paraissent avoir subi l'action la plus intense du métamorphisme.

Quelques minéraux paraissent être le résultat d'un métamorphisme ou d'une cémentation inhérente à des roches autres que le granite : ainsi l'épidote et le pyroxène se montrent dans les schistes cristallins et les calcaires, au voisinage de roches amphiboliques ou pyroxéniques et des amas de fer oxydulé de la Scandinavie qui ont joué un rôle métamorphique analogue.

Le mica, le talc, la chlorite, l'amphibole, les grenats, ont été développés sous l'influence métamorphique des roches granitiques et d'autres roches pyrogènes, telles que diorites, trapps, serpentine. Néanmoins c'est le granite qui a eu le plus de puissance pour développer dans les dépôts stratifiés la cristallisation de minéraux particuliers, dont les uns se rencontrent dans le granite lui-même, et dont les autres n'ont encore été observés que dans les roches modifiées.

Remarques sur la structure cristalline des roches calcaires.

Les causes qui ont produit la cristallisation des roches calcaires ne peuvent pas être définies avec autant de précision que celles qui ont développé l'état cristallin dans les schistes ; c'est que la structure cristalline, lamelleuse des calcaires paraît être susceptible de se former dans des circonstances très diverses : ainsi il n'est pas rare de voir des calcaires du Jura ou d'autres calcaires secondaires présenter un aspect cristallin et une structure lamelleuse, bien

qu'ils n'aient été soumis à aucune action métamorphique ; c'est dû probablement aux circonstances dans lesquelles s'est opéré leur dépôt. De même, beaucoup de marbres des terrains de transition, par exemple des Pyrénées et de la Bretagne, ont une structure grenue et sublamelleuse, bien que l'on y trouve un grand nombre de fossiles et qu'il n'y ait dans le voisinage aucune roche à laquelle on puisse attribuer une action d'échauffement. Nous avons vu au contraire que parfois des minéraux ont été produits par voie de métamorphisme dans des calcaires qui sont restés compactes : ainsi le dipyre des environs d'*Angoumert*. Vu les nombreuses variétés d'aspect que présentent les calcaires, et qui sont dues soit à une structure originaire, soit à une modification postérieure, il est quelquefois difficile de préciser les conditions qui ont rendu ces roches cristallines. Je suis porté à croire qu'elles ont pu devenir telles sans être échauffées ; mais on peut attribuer leur structure cristalline au métamorphisme, dans l'un des trois cas suivants : 1° lorsqu'elles changent graduellement d'aspect pour passer de l'état compacte à l'état cristallin ; 2° lorsque leur texture est véritablement saccharoïde, semblable à celle des marbres statuaire ; 3° lorsqu'elles renferment des cristaux de divers silicates, tels que les grenats, la trémolite, etc. La texture cristalline des calcaires, de même que la texture feuilletée des schistes, est un de ces effets du métamorphisme qui n'appartient pas à l'influence exclusive d'une seule roche, mais qui s'est développé au voisinage de beaucoup de roches différentes, des granites, des diorites, des porphyres, des basaltes, etc. ; et lorsque ces roches forment des masses un peu considérables, leur action s'est fait sentir jusqu'à une distance de deux kilomètres. Cependant le granite me paraît encore avoir joué un des principaux rôles dans ce phénomène, et avoir été l'agent le plus énergique de la cristallisation des calcaires ; c'est sous son influence qu'ont été produits la plupart de ces marbres magnifiques qui se trouvent en masses si considérables dans la chaîne des Pyrénées. Dans les Alpes, l'influence des roches granitiques est moins exclusive ; les serpentines et les différentes variétés de roches pyroxéniques et diallagiques ont aussi contribué au métamorphisme des calcaires. Il est à remarquer que le granite est habituellement désagrégé dans les points où il est en contact avec le calcaire, surtout lorsqu'il y pénètre sous forme de veines, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer dans mon *Mémoire sur les Pyrénées*, page 76 ; mais le calcaire est dur et cristallin. Cet effet est moins prononcé lorsque le granite pénètre dans les schistes : très souvent alors il a conservé sa solidité.

Les contrées de l'Europe où les calcaires métamorphiques contiennent le plus grand nombre de minéraux cristallisés sont les Alpes, les Pyrénées et les régions scandinaves; on pourrait encore y ajouter les environs de Naples, à cause des blocs dolomitiques de la Somma. La Bretagne ne nous offre pas de calcaires cristallins et enrichis de minéraux; la pierre à chaux n'y forme que des lentilles peu nombreuses et trop éloignées des centres de métamorphisme granitique pour que la cristallisation s'y soit développée.

Minéraux contenus dans les calcaires et dolomies des Alpes.

Dans les Alpes, les régions où les calcaires sont le plus riches en minéraux, telles que la vallée de Fassa, le Saint-Gothard, le Simplon, etc., sont aussi les régions où s'est développé le phénomène de la dolomitisation, et souvent les mêmes minéraux se trouvent tantôt dans les dolomies, tantôt dans les calcaires cristallins. Les principaux minéraux qui ont été observés dans ces roches sont : l'albite, la trémolite, le pyroxène, le mica, les grenats, le disthène, l'épidote, la tourmaline, la gehlénite, la méionite, le corindon, le spinelle et le graphite.

Minéraux contenus dans les calcaires des Pyrénées.

Les minéraux contenus dans les calcaires modifiés des Pyrénées sont un peu différents de ceux qui se trouvent dans les Alpes; mais il y a plusieurs espèces de communes. On les rencontre presque tous dans les calcaires et non dans les dolomies; ce sont : l'albite, le mica, le talc, la stéatite, l'amphibole trémolite et hornblende, le grenat, l'épidote, la macle, la couzérinite, le dipyre, l'idocrase et le graphite : deux de ces minéraux, la couzérinite et le dipyre, n'ont encore été trouvés que dans les Pyrénées. La cristallisation de presque toutes ces substances, à l'exception de l'amphibole hornblende et de l'épidote, paraît se rattacher aux actions métamorphiques qu'a fait naître le granite; et la distance la plus grande qui les sépare de cette roche pyrogène est de 1,500 à 2,000 mètres : ainsi la couzérinite se rencontre sur presque toute l'étendue de la bande de calcaire liassique qui s'étend depuis la vallée de Vicedossos jusqu'à l'O. de *Seix*; c'est une zone à couzérinite presque continue; la cristallisation de ce minéral s'est produite à une distance de 1,200 à 1,500 mètres du granite. On trouve quelquefois aussi ce minéral dans du calcaire crétacé modifié à l'approche du granite, ainsi dans la vallée de l'Agly. (Pyrénées-Orientales).

Minéraux contenus dans les calcaires du N. de l'Europe.

Dans le N. de l'Europe, les calcaires associés aux gneiss sont très riches en minéraux ; ils sont souvent saccharoïdes ou grenus ; mais en général leur structure est lamelleuse et quelquefois à très grandes lames, caractère qui leur est commun à eux et à certains marbres des Pyrénées associés à des schistes feuilletés et micacés. Les minéraux que l'on trouve dans les calcaires cristallins de la Scandinavie sont : le mica, le talc, l'amphibole trémolite et hornblende, le pyroxène, l'orthose et l'oligoclase, les grenats, l'idocrase, la wollastonite, la chaux tri-silicatée, la pyralloïte, la paranthine, la scolexérose ou vernérite blanche, la rosité, la condrodite, le sphène, le spinelle, la chaux fluatée, phosphatée, et le graphite. Le granite se montre presque toujours en masses plus ou moins considérables, soit au milieu des couches de gneiss qui enclavent ces calcaires, soit sur les parois mêmes des gîtes, et quelquefois même il s'y injecte ; on ne peut donc douter que le granite n'ait joué un grand rôle dans la cristallisation de ces divers minéraux.

On a contesté l'origine métamorphique des masses calcaires associées à la formation gneissique du N. de l'Europe ; on a voulu les considérer comme ayant été produites par voie d'éruption ; mais les motifs allégués ne me paraissent pas concluants. Ces masses calcaires n'ont pas toujours la forme de grandes plaques allongées et régulièrement stratifiées au milieu du terrain schisteux : elles ont souvent la forme de très grosses lentilles qui ont un peu de ressemblance avec des amas. Mais la même disposition se montre fréquemment dans les calcaires des terrains paléozoïques : ainsi le gîte calcaire de Coupchoux, près les mines de charbon de Mouzeil, dans la Loire-Inférieure, considéré dans son contour, a tout-à-fait la forme d'un amas, bien qu'on ne puisse contester son origine sédimentaire, vu les empreintes de coquilles qui s'y trouvent. Cette disposition des calcaires en grosses lentilles qui se montrent à différentes distances et à peu près suivant un même plan de stratification est assez générale dans les dépôts sédimentaires des anciens âges du globe, elle se remarque même dans les masses calcaires du terrain dévonien. Les calcaires de la Scandinavie sont divisés par bancs ou assises, et sont souvent stratifiés régulièrement au milieu du gneiss ; mais quelquefois les couches se contournent, s'amincissent et offrent un aspect veiné. On peut se rendre compte de cette disposition sinueuse et ondulée, si on se

représente les couches de gneiss et de calcaire comme ayant été ramollies et soumises à une forte pression ; le granite qui les enlace et qui s'y est injecté en beaucoup d'endroits a dû leur faire subir une grande élévation de température. Une autre objection contre l'origine métamorphique de ces calcaires est déduite de la présence d'un si grand nombre de minéraux ; mais il faut remarquer que deux ou trois seulement de ces minéraux , tels que la condrodite , la scolexérose , n'ont été trouvés que dans des calcaires sur l'origine desquels il peut y avoir discussion ; l'amphibole, les grenats, le spinelle , la paranthine , etc., ont été observés, soit en Scandinavie , soit ailleurs , dans des calcaires qui sont évidemment métamorphiques.

Les calcaires riches en minéraux sont souvent dolomitiques.

Les calcaires qui contiennent beaucoup de minéraux , soit dans le N. de l'Europe, soit dans les Alpes, renferment habituellement une proportion notable de magnésie , et quelquefois ce sont de véritables dolomies : ainsi le calcaire d'Åker, en Sudermanie, qui est très riche en minéraux , renferme environ 20 p. 100 de carbonate de magnésie. On sait d'ailleurs que les dolomies des Alpes contiennent de la tourmaline , du disthène , de la trémolite , de l'idocrase , du corindon , du spinelle , de la méionite , etc. ; mais comme la plupart de ces substances se montrent aussi dans des calcaires non dolomitisés , on ne peut pas dire qu'il y ait une dépendance absolue entre les causes qui ont magnésifié les calcaires et celles qui ont déterminé la cristallisation de ces différents minéraux.

L'influence du granite pour déterminer des phénomènes de cristallisation dans les roches calcaires a dû varier notablement d'une contrée à une autre , car on rencontre dans certains pays des minéraux qu'on ne retrouve pas ailleurs : ainsi la couzérinite et le dipyre dans les Pyrénées , la gehlénite dans les Alpes , la rosité et la scolexérose en Scandinavie , la condrodite et la paranthine en Scandinavie et dans l'Amérique du Nord. Ces différences dans la nature des minéraux qu'ont fait cristalliser les granites ou les roches pyrogènes en général , paraissent tenir moins à des variations dans la composition ou la texture des calcaires qu'à des circonstances essentiellement propres aux roches pyrogènes ; car dans une même contrée , les Pyrénées , par exemple , et dans un même lieu , le granite a fait cristalliser tel minéral , la macle ou le

dipyre à la fois dans des schistes, dans des calcaires argileux et dans des calcaires à peu près purs.

Relation des phénomènes de métamorphisme avec certaines manières d'être des gîtes métallifères.

Je vais ajouter ici quelques détails pour faire voir que le point de vue sous lequel j'ai envisagé les phénomènes de métamorphisme peut aussi s'appliquer à certaines manières d'être que présentent les gîtes métallifères, et nous allons y reconnaître des faits remarquables qui me semblent très propres à éclaircir l'origine des substances minérales qui ont cristallisé dans les terrains stratifiés. La métallisation des parois encaissantes des filons, qui souvent s'est faite jusqu'à d'assez grandes distances, paraît être le résultat d'un phénomène de cémentation, de transport moléculaire à travers la roche adjacente, quelle que soit d'ailleurs la manière dont les filons ont été remplis, quel qu'ait été l'état physique des substances métalliques et pierreuses qui sont venues s'y déposer, et qui, au contact des épontes, ont fréquemment joué le rôle d'un ciment.

Caractère général des gîtes de sulfures et arsénio-sulfures métalliques dans le Nord de l'Europe.

Cette disposition de la matière métallique, qui est peu développée et pour ainsi dire exceptionnelle dans les gîtes de l'Europe centrale, est au contraire la manière d'être générale des gîtes des régions scandinaves, de la Suède, de la Norvège et de la Finlande, comme je l'ai reconnu dans les deux voyages que j'y ai faits. Dans la plupart des dépôts de métaux sulfurés et arsénio-sulfurés de la Scandinavie, de cuivre, de cobalt, de plomb, ces métaux ne s'y trouvent point dans des filons ni même dans des fissures ou des vides quelconques, mais la plus grande partie se trouve répandue et disséminée au milieu de roches habituellement stratifiées et quelquefois massives. Les célèbres falbandes de Kongsberg, ces couches de gneiss, de schiste amphibolique et micacé qui sont imprégnées de pyrite de fer, de cuivre et de blende, et qui ont joué un rôle si important dans le dépôt de l'argent natif, ne forment point une manière d'être exceptionnelle des sulfures métalliques. J'ai reconnu, en effet, que la plupart des gîtes de la Scandinavie sont des gîtes en falbande : quelques uns, tels que *Sala*, *Fahlun*, etc.,

sont divisés par des fissures ou des fentes plus ou moins irrégulières ; mais on leur a donné à tort le nom de filons, car, même dans le gîte de Sala, qui a presque toujours été décrit comme se composant d'un certain nombre de filons, les fissures ont seulement quelques centimètres de largeur et très peu d'étendue en longueur, et la majeure partie du minerai ne se trouve pas dans ces fissures, mais dans la roche adjacente : ce sont des falbandes calcaires entrecoupées de fissures et imprégnées de plomb sulfuré argentifère. A Fahlun, on a une énorme masse quartzeuse imprégnée de minerai de cuivre qui est concentré plus abondamment autour de fentes remplies d'une substance chloritée et appelées *skôlars* ; mais on a reconnu que jusqu'à une assez grande distance des points où est établie l'exploitation actuelle, la roche de quartz est imprégnée de cuivre pyriteux.

Il est naturel de supposer que les fentes que l'on voit traverser les roches ont servi de canaux par où s'est introduite la substance métallique, et qu'elles ont joué un rôle analogue à celui des vrais filons, sinon comme réceptacles, du moins comme voies d'introduction. Mais ce qui rend l'origine de ces dépôts de minerais encore plus obscure, c'est qu'il y a des *gîtes en falbandes* dans lesquels on n'aperçoit ni fentes ni fissures, tels que les gîtes cuivreux du Dovre, de la contrée de Røraas, etc. : ce sont des couches de schiste chloriteux et micacé, tout-à-fait analogues aux falbandes de Kongsberg, imprégnées de pyrites de fer et de cuivre, mais ne présentant aucune fente par où la matière aurait pu s'introduire.

Les gîtes de cobalt de Skutterud ont été signalés, il y a déjà plusieurs années, par MM. Keilhau et Bøbert (1), puis par M. Daubrée (2), comme ressemblant aux falbandes de Kongsberg, et formant des falbandes cobaltifères ; mais j'ai reconnu que cette manière d'être, qui n'avait été observée que dans les gîtes de *Kongsberg* et de *Skutterud*, est propre à la plupart des gîtes scandinaves : aussi ces gîtes présentent une physionomie tout-à-fait différente des dépôts métallifères du reste de l'Europe, où le minerai se trouve concentré dans des fentes, tandis qu'ici il est disséminé au milieu de la roche. Or, c'est un problème très difficile de déterminer la manière dont le cuivre, le cobalt, le plomb, etc., se sont déposés dans ces gîtes ; il semble que l'on éviterait des difficultés

(1) *Nyt magasin for Naturvideskaberne*, tome III, p. 201, 203, et aussi t. V, p. 3.

(2) *Annales des mines*, 4^e série, t. IV, p. 248.

en regardant le minerai comme étant contemporain du terrain qui le renferme, comme s'étant formé à l'époque où la sédimentation s'opérait. Mais cette hypothèse serait loin d'expliquer les circonstances diverses que présente la disposition de la substance métallique; car, si l'on étudie ces gîtes, on reconnaît qu'ils ne sont pas entièrement subordonnés à la stratification des couches, bien qu'ils s'y trouvent disséminés, et que fort souvent ils ont une allure indépendante. Le gîte de Tunaberg, par exemple, ressemble à une colonne aplatie ou une espèce de cheminée disposée obliquement à la stratification du calcaire, ayant 3 à 4 toises d'épaisseur et de 15 à 20 toises de largeur, présentant une inclinaison variable, mais inférieure à 35°. Or, ce gîte n'offre aucun des caractères de fente remplie; on n'y voit point les gangues des filons; le minerai de cuivre pyriteux et de cobalt gris est disséminé au milieu de la roche calcaire, qui n'est ni fragmentée ni bréchiforme. Sans que j'entre dans des détails de description que je ferai connaître plus tard, il est clair que dans ces gîtes en falbandes, la disposition du minerai sous forme de nodules, de veinules étroites et discontinues, de mouches, de grains, etc., se rattache à des phénomènes moléculaires, et résulte d'un mouvement de particules analogue à celui qui se fait dans la cémentation; les substances métalliques ont cheminé à travers les roches, sans que celles-ci aient eu besoin d'entrer en fusion.

Disposition des gîtes de minerai de fer de la Scandinavie.

Les gîtes de minerai de fer de la Suède se présentent avec des caractères autres que ceux des métaux sulfurés et arsénio-sulfurés; ils n'affectent pas le caractère de dissémination des falbandes, mais ils forment des masses leuculaires qui ont quelquefois plus de 50 mètres d'épaisseur et qui sont interposées entre des roches de natures diverses. Les masses de fer oxydulé sont souvent associées à des roches amphiboliques; mais souvent elles jouent le rôle de véritables roches pyrogènes, qui toutes sont formées de fer oxydulé presque pur, tantôt d'un mélange de minerai de fer oxydulé ou oligiste, et de silicates divers, amphibole, pyroxène, grenats, épidote, etc. Les gîtes ont aussi exercé des phénomènes de métamorphisme sur les terrains adjacents, et sont quelquefois des centres de cristallisations diverses: ainsi les mines d'Arendal ont une réputation fort ancienne et bien méritée comme gisement de minéraux dont la dépendance avec les masses ferrugineuses ne saurait être contestée.

Association intime du fer oligiste avec des schistes quartzeux.

Parmi les caractères remarquables de ces gîtes, je ne mentionnerai ici que deux circonstances qui ont été peu remarquées, et qui cependant me paraissent avoir une très grande importance pour la théorie du métamorphisme. Les gîtes de Suède et de Norvège ne sont pas formés seulement de fer oxydulé, mais beaucoup sont composés d'un mélange de fer oxydulé et d'oligiste, où ce dernier est quelquefois de beaucoup prédominant : ainsi le gîte d'Uto, si célèbre par la présence des minéraux à lithine (triphane, pétalite, lépidolite), renferme beaucoup plus de fer oligiste que d'oxydulé, et il en est de même pour une grande partie des gîtes de la paroisse de Norberg, dont le nombre est très considérable. Dans beaucoup de ces gîtes, l'oligiste a éprouvé une espèce de diffusion entre les lits quartzeux et micaeés qui encaissent le gîte ; comme il est écaillé et feuilleté, il s'est couché dans le sens de la schistosité des bancs quartzeux, et il est associé intimement avec la matière quartzeuse, particule à particule ; de sorte que la roche présente alors une succession de lits ou bandes très minces, alternativement quartzeuses ou ferrugineuses ; beaucoup de ces bandes sont composées d'un mélange de particules de quartz et de particules de fer oligiste, aussi intime que s'il était le résultat d'un dépôt simultané ; souvent même le quartz, noyé au milieu des feuillets d'oligiste, est presque indiseernable. Fréquemment les écailles de fer oligiste ont remplacé le mica en s'associant avec les couches de micaschiste, et l'on a une roche de quartz et d'oligiste qui correspond tout-à-fait à l'itabirite du Brésil. Il est impossible de se rendre compte de cette union singulière du quartz et de l'oligiste, d'après les idées généralement reçues, à moins de supposer que les deux substances résultent d'un dépôt simultané, hypothèse qui est incompatible avec les autres circonstances du gisement de ces énormes amas ; mais c'est le résultat d'une espèce d'imbibition, d'un phénomène de transfusion ou transsudation qui est propre au fer oligiste ; il s'est répandu dans la roche quartzeuse, et il y a pris la structure feuilletée. Le fer oxydulé, lorsqu'il n'est pas mélangé d'oligiste, ne se montre pas ainsi associé intimement avec les lits quartzeux ; il forme souvent des veinules ou petites bandes intercalées dans le micaschiste : mais ces bandes ont une épaisseur appréciable, le mélange n'a pas lieu particule à particule ; tandis que, peut-être en vertu de son mode de cristallisation feuilletée, l'oligiste a pu se fondre, pour ainsi dire, au milieu des

couches quartzeuses, en prenant l'aspect et la place du mica. Lorsque cette diffusion est poussée très-loin, et que l'oligiste se trouve en moindre quantité que les parties quartzeuses, les gîtes prennent alors une certaine ressemblance avec les falbandes (schistes cristallins imprégnés de sulfure) : c'est ce qui a lieu aux mines de fer de Hassel (environs de Drammen).

Association intime du fer oxydulé avec des roches calcaires.

Le fer oxydulé présente un caractère de diffusion d'un genre analogue, mais dans une roche différente, dans la pierre calcaire; le fer oligiste, au contraire, ne se répand pas habituellement dans cette roche, lors même qu'il se trouve en contact avec elle, comme s'il y avait des attractions moléculaires entre certaines roches et certains minéraux. Les mines si renommées de Danémora nous offrent un exemple de cette diffusion du fer oxydulé au milieu du calcaire où sont situés ces gîtes; elle est si intime, que bien souvent la présence du calcaire ne se reconnaît pas à la simple vue, mais par un essai chimique. Cette circonstance contribue à l'excellente qualité des fers de Danémora; car elle permet de traiter les minerais sans y ajouter aucun fondant. On pourrait chercher à expliquer l'association du fer oxydulé et du calcaire qui a lieu à Danémora, dans la paroisse de Norberg et plusieurs autres mines, en supposant que le calcaire a été introduit, de même que le minerai, par voie d'injection et dans un état de fusion; mais les mines d'*Aaserud*, situées aux environs de Drammen, nous fournissent un exemple qui rend inadmissible cette manière de voir. Elles sont situées dans des couches de calcaire silurien, au contact de ces couches et de masses dioritiques ayant la forme de filons irréguliers; l'une des épontes du gîte principal est du diorite, l'autre est du calcaire.

La zone centrale est la plus riche en minerai; mais le fer oxydulé se trouve disséminé intimement, d'un côté au milieu du diorite, de l'autre au milieu du calcaire, qui est ici cristallin et grenu. Dans beaucoup d'échantillons à grains fins, ayant le même aspect que le minerai de Danémora, l'effervescence avec les acides indique la présence du calcaire; le mélange des deux substances se reconnaît souvent aussi très bien à l'œil nu, et quelquefois au milieu du calcaire on voit disséminés çà et là des grains isolés de fer oxydulé, octaédrique. La diffusion du fer oxydulé au milieu de deux roches de natures si différentes que le diorite et le calcaire, et que l'on ne peut considérer comme contemporaines, d'ailleurs

la disposition du gîte de minerai, qui est oblique relativement à la stratification, montrent combien il faut être circonspect dans les conclusions que l'on serait tenté de tirer relativement à la contemporanéité d'un minerai et d'une roche, des caractères d'union ou de mélange intime qu'ils peuvent présenter.

Caractères de transfusion des éléments des roches massives dans les terrains stratifiés environnants.

Les minéraux silicatés qui accompagnent les gîtes de fer oxydulé se sont souvent répandus dans les couches de gneiss adjacentes sans faire disparaître la stratification de ces couches, et même en s'y subordonnant; c'est ce qui est arrivé, par exemple, pour les grenats, l'épidote, le pyroxène, l'amphibole, aux mines d'Arendal. Ces silicates, qui se trouvent en grande abondance dans plusieurs des mines, et qui forment la gangue du fer oxydulé, semblent avoir imbibé le gneiss dont sont formées les parois des gîtes et avoir donné naissance à des couches grenatifères, épidotifères, etc., qui forment, ainsi que l'ont déjà remarqué MM. *Daubrée* (1) et *Scheerer* (2), une espèce de soudure entre les gîtes et la roche encaissante.

Ces faits remarquables complètent et rendent évidente la démonstration d'un phénomène dont nous avons déjà cité plusieurs exemples. C'est le phénomène de diffusion ou de transfusion des éléments d'une masse qui, en général, paraît avoir formé un magma pâteux, dans les roches adjacentes, bien que ces roches aient pu rester à l'état solide ou être faiblement ramollies. C'est par un effet de cimentation, par un déplacement moléculaire, que s'est effectuée cette pénétration, et il n'est point nécessaire de supposer, comme l'ont fait plusieurs géologues, une volatilisation des substances qui ont pénétré à travers les roches: ainsi le fer oligiste, oxydulé, les grenats, etc., n'ont point eu besoin de prendre l'état gazeux pour cimenter les couches environnantes. On ne doit donc pas refuser d'admettre les faits que nous avons exposés plus haut et qui dérivent de ce principe général, qu'au contact d'une roche massive ou pyrogène et d'une roche stratifiée, quelques uns des éléments de la première ont pu s'introduire dans la seconde. Non seulement quelques uns des principes chimiques, alcalins ou siliceux, mais aussi des substances minérales toutes formées ont pu

(1) *Ann. des mines*, 4^e série, t. IV, p. 214.

(2) *Jahrbuch von Leonhard and Bronn*, année 1843, p. 648.

subir cette transsudation et venir cristalliser au milieu du dépôt stratifié, souvent même en se subordonnant aux caractères de la stratification. L'exemple du fer oligiste qui est venu se substituer au mica est un fait du même genre que le passage de l'amphibole, du mica, du talc, du feldspath, qui ont pénétré des roches massives dont ils faisaient partie dans les terrains stratifiés situés autour. De plus, les faits que nous avons exposés au sujet des oxydes de fer, relatifs à la tendance de l'oxydule à pénétrer dans le calcaire et de l'oligiste dans les schistes quartzeux, présentent un autre caractère fort important, c'est que parmi les éléments d'une roche massive ou d'un magma pâteux, il y a une espèce d'affinité moléculaire ou une tendance de certains minéraux à s'injecter dans telle ou telle nature de terrain, de façon que les deux ou trois éléments de la roche n'ont pas une égale aptitude à subir cette transfusion. Si, par exemple, au contact du granite et des roches schisteuses, le mica pénètre dans les schistes plus facilement que le feldspath ou le quartz, cela ne tient pas à ce qu'il est plus volatil, mais à ce qu'il a une tendance à la transfusion plus forte que les autres éléments (1). Nous pouvons ainsi comprendre pourquoi la serpentine, qui est une roche simple, se montre si souvent enchevêtrée au milieu du calcaire et mélangée intimement avec lui, sans même que l'on voie affleurer à côté une masse de serpentine pure, tandis qu'on ne la voit pas disposée de la même manière au milieu des roches quartzeuses; c'est que la serpentine avait beaucoup de tendance et de facilité à pénétrer dans le calcaire et à s'associer avec cette roche.

Il est probable que certains gneiss situés au contact du granite résultent d'une transfusion de la matière feldspathique à travers des roches schisteuses; et comme celles-ci présentent des textures et des compositions très diverses, on conçoit que le feldspath ait pu pénétrer facilement dans les unes, et difficilement dans les autres.

La topaze, l'émeraude, la tourmaline et d'autres minéraux que l'on trouve souvent en nids dans des schistes, mais qui appartiennent plus essentiellement aux roches granitiques, peuvent, au moins dans quelques cas, résulter d'un phénomène de transfusion;

(1) Quelquefois cependant toute la masse du magma granitique s'est introduite dans la roche de manière à y former des nodules discontinus. J'ai signalé une pénétration de ce genre du granite dans le calcaire; voir mon mémoire sur les Pyrénées, *Annales des mines*, 4^e livraison de 1844, p. 76.

sous l'influence de forces attractives, les éléments se seront groupés et auront cristallisé ensemble. Ces minéraux ne forment point de filons ; mais ils sont enchâssés dans les schistes , ils remplissent des druses ou espèces de chambres entièrement fermées, et leur introduction paraît être plutôt le résultat d'un transport moléculaire que d'une injection.

*L'émanation des sources thermales se rattache aux phénomènes
- de contact.*

Nous allons terminer ce mémoire en rappelant un ordre de phénomènes qui paraissent se rattacher aux mêmes causes que les faits du métamorphisme, et cela nous montrera que les phénomènes développés au contact des roches ignées ne cessent pas entièrement à l'époque où ces roches sont refroidies à leur surface, mais qu'ils peuvent encore se continuer dans les profondeurs de la terre et se manifester à l'extérieur par des effets d'une autre nature. Sur le versant septentrional des Pyrénées, on connaît une vingtaine de gisements d'eaux thermales sulfureuses que j'ai étudiés pendant mon séjour dans cette chaîne de montagnes, et, dans quelques uns de ces gisements, il y a un nombre de sources fort considérable. Celui d'Aix, par exemple, en comprend plus de cinquante. Or, tous ces gisements sont placés, soit dans le granite, soit dans les roches de transition, et presque toujours le point d'émergence des sources est situé près de la séparation du granite et des roches paléozoïques (comme je l'ai fait voir dans le mémoire sur les Pyrénées déjà cité, page 104). Il est évident que la distribution de tous les affleurements d'eaux thermales sulfureuses suivant une même position géologique ne peut être que le résultat de causes naturelles, bien que nous ne puissions pas les définir d'une manière précise, d'autant moins que dans la même chaîne de montagnes il y a d'autres sources thermales, salines et acidules, mais dans une situation tout-à-fait différente, car elles sourdent de terrains secondaires ou tertiaires au voisinage du granite ou des ophites. Le caractère de *thermalité* paraît dépendre des causes plutoniques générales auxquelles se rattachent les roches pyrogènes ; mais la propriété sulfureuse est inhérente aux roches paléozoïques et au granite.

J'ai montré dans le mémoire déjà cité (page 107) que la thermalité des sources semble s'éteindre avec le temps ; car les contrées qui n'ont été soulevées qu'à des époques anciennes, telles que l'ouest et le nord de la France, la Scandinavie, etc., sont complé-

tement privées d'eaux thermales. La présence de ces sources n'est-elle pas la dernière manifestation des phénomènes qui sont propres à la zone de jonction des roches ignées et des dépôts sédimentaires, et qui se sont produits dans l'ordre suivant : 1° injection des roches ignées à travers les terrains stratifiés; 2° cémentation et transformation opérées sur ces terrains dans la zone environnante; 3° dépôt des gîtes métalliques, qui ordinairement paraît être contemporain des phénomènes métamorphiques; 4° émanation des sources thermales.

Résumé général.

Résumons actuellement les principaux faits exposés dans ce mémoire et les conclusions que nous en avons tirées. Nous avons commencé par démontrer que le métamorphisme a pu produire un grand nombre de combinaisons minérales dans des terrains stratifiés sans faire disparaître les restes d'êtres organisés qui en attestent l'origine sédimentaire : ainsi nous avons allégué la présence des macles, du mica, du talc, du dipyre, de la couzéranite, de la paranthine, des grenats, de la trémolite, de l'épidote et de la dolomie dans des couches schisteuses ou calcaires contenant elles-mêmes des fossiles ou intimement associées à des couches qui en renferment. La conservation des fossiles dans des couches fortement modifiées, et même remplies de minéraux métamorphiques, de couzéranite par exemple, et la grande distance à laquelle s'est étendue la transformation des roches, nous ont paru peu compatibles avec la supposition d'une vive incandescence ou d'une chaleur excessive, avec l'assimilation du métamorphisme à une *demi-fusion*. La description détaillée des cristaux de macles des Salles de Rohan, à l'intérieur desquels nous avons vu des bandes de matière schisteuse, noire, conservant leur schistosité dans le même sens que celle de la roche environnante, l'absence de toutes traces de dérangement, de courbure, ou de refoulement dans la disposition des lits schisteux qui entourent ces cristaux, nous ont démontré que la cristallisation s'est effectuée sans qu'il y eût demi-fusion ou ramollissement de la roche. D'ailleurs, les effets du métamorphisme ne présentent point un caractère d'uniformité absolue; son action ne s'est pas fait sentir également sur toutes les couches; elle a varié d'une roche à une autre, d'un lieu à un autre. Ainsi l'on voit assez souvent des couches qui ont peu changé d'aspect mélangées avec des couches fortement modifiées, des phyllades et des grauwackes encore bien reconnaissables, associées avec des couches

de gneiss, de schiste micacé ou talqueux. En outre, le métamorphisme a quelquefois déterminé la cristallisation de minéraux dans des couches sédimentaires qui ont conservé leur texture et leur physionomie habituelles : ainsi des macles, de la topaze, de l'émeraude, du dipyre, de l'albite, de la paranthine dans des couches de schiste argileux et de calcaire compacte.

Tous ces faits nous ont amené à conclure que les phénomènes de métamorphisme sont le résultat d'un mouvement des particules développé à l'intérieur des roches, sans qu'elles aient eu besoin d'être ramollies ; néanmoins la relation évidente des terrains modifiés avec les roches pyrogènes, leur disposition fréquente sous forme de zones concentriques à ces roches, l'analogie avec certains effets qui se produisent sous nos yeux, montrent que la plupart de ces phénomènes se sont opérés sous l'action de la chaleur, mais d'une chaleur qui, en général, n'a pas été excessive, et avec le concours de la pression, de forces électriques ou autres forces physiques qui prennent naissance lorsque des corps de natures différentes sont en contact et soumis à l'action de la chaleur longtemps prolongée. A l'idée d'une demi-fusion nous substituons celle d'un travail moléculaire analogue à celui qui a lieu dans la cémentation du fer, susceptible de s'effectuer dans des corps solides, de même que dans des corps liquides, mous ou pâteux ; ce travail a duré pendant une longue suite d'années, et a produit des effets différents, suivant les circonstances de température, de refroidissement, de pression, de composition, de texture, de conductibilité et autres propriétés des roches qui étaient en contact. A une chaleur excessive et instantanée nous substituons un flux de chaleur séculaire, émanant, soit du laboratoire souterrain, soit des masses ignées ou des centres d'action plutonique, qui a entretenu dans les terrains stratifiés une température d'abord croissante, puis décroissant d'une manière très lente, et qui, sur les limites des zones métamorphiques, a pu faire cristalliser des minéraux particuliers, du mica ou des macles, à une température qui probablement n'a pas dépassé ni peut-être même atteint le rouge sombre. Considérée sous ce point de vue, la modification des roches a pu s'effectuer de préférence dans certaines couches qui, en raison de leur composition, de leur texture, etc., présentaient les conditions les plus favorables, et d'autres couches qui leur étaient associées ont pu être faiblement altérées, bien qu'étant exposées à la même température.

Nous avons distingué en deux genres les phénomènes de métamorphisme : ceux qui résultent d'un mouvement propre des par-

ticules des terrains stratifiés, sans apport de matière extérieure ; et ceux qui se produisent avec le concours d'un corps étranger, jouant le rôle de ciment, et pénétrant à l'intérieur des roches, de même que le carbone à l'intérieur du fer.

Nous avons cité des exemples de métamorphisme qui ont lieu à la température ordinaire, les uns sous nos yeux, les autres en dedans de l'écorce terrestre ; à ceux que nous offrent les terrains secondaires et tertiaires, nous en avons ajouté d'autres, choisis dans les terrains palæozoïques. Mais des faits incontestables, empruntés à la chimie et à la métallurgie, nous ont montré que l'élévation de la température dans les corps peut donner lieu à des mouvements moléculaires, à des effets métamorphiques qui ne se produisent pas à la température ordinaire.

Nous avons reconnu que les corps qui ont joué le rôle de ciment proviennent de deux sources, les uns des roches pyrogènes elles-mêmes, les autres du laboratoire souterrain : c'est à cette seconde source qu'ont été empruntées la magnésie et les émanations sulfureuses qui ont donné lieu à la dolomitisation et à la sulfatation des calcaires. La production des dolomies et des gypses n'est pas seulement le résultat d'une simple réaction chimique occasionnée par la pénétration mécanique de vapeurs à travers les fissures des masses calcaires : c'est, comme presque tous les effets du métamorphisme, un phénomène épigénique, le produit de réactions opérées, non en masses, mais molécule à molécule. La substitution de la magnésie à une partie de la chaux est un problème chimique, une énigme, ni plus ni moins difficile à résoudre que la substitution moléculaire de la silice à la substance organique des végétaux, de la pyrite de fer au test des coquilles fossiles, et que la plupart des épigénies. Nous devons accepter tous ces faits, bien que nous ne puissions pas nous représenter clairement la manière dont ils se sont passés.

En examinant la disposition des minéraux qui ont cristallisé par voie métamorphique dans les schistes et les calcaires, nous avons reconnu que souvent ils affectent une disposition zonaire ou rubanée, parallèle à la stratification ; que quand une roche schisteuse a été transformée en un agrégat de minéraux, ses éléments sont restés subordonnés à la stratification ou à la schistosité ; mais que les cristaux qui ont pris naissance isolément çà et là sont fréquemment orientés dans un sens oblique, ou même perpendiculaire au plan de schistosité.

Un coup d'œil jeté sur les minéraux qui ont cristallisé dans les schistes et dans les calcaires nous a fait remarquer qu'il y a, sous

le rapport de la composition chimique, une liaison générale entre ces minéraux et la roche où ils se trouvent ; que la plupart des silicates contenus dans les roches calcaires renferment une forte proportion de chaux et souvent de magnésie, et que les silicates propres aux schistes contiennent beaucoup de silicate d'alumine, quelquefois seul, mais ordinairement associé à des silicates d'autres bases : ainsi les minéraux qui ont cristallisé dans les schistes et dans les calcaires paraissent avoir emprunté à la roche qui les encaisse au moins une partie de leur substance élémentaire.

Nous avons reconnu deux dispositions différentes dans les zones métamorphiques : ou elles sont subordonnées, circonscrites aux masses plutoniques, ou elles ont une allure propre, bien qu'étant en connexion avec des roches pyrogènes. Dans le premier cas, le métamorphisme a dû se développer latéralement en rayonnant, à partir des masses plutoniques ; dans le second cas, il s'est développé verticalement, de bas en haut, et se rattache aux causes ignées qui agissent à l'intérieur du laboratoire souterrain.

L'examen des phénomènes métamorphiques développés autour des principales roches plutoniques, en divers pays, nous a montré qu'il y a des effets propres à certaines espèces de roches ; mais que beaucoup d'effets sont communs à plusieurs espèces : ainsi la magnésification et la cristallisation des calcaires, l'endurcissement, le développement de la structure compacte et de la structure feuilletée dans les schistes et les grauwackes, on été produits par des roches granitiques, amphiboliques, pyroxéniques et serpentineuses ; un autre caractère général consiste dans la tendance des roches pyrogènes à communiquer aux couches adjacentes un *facies* analogue au leur, à y faire naître des minéraux semblables à ceux dont elles sont composées.

Nous avons cité des exemples où la structure amygdaloïde a été développée par des roches dioritiques et euritiques, où les grauwackes ont pris un mode de division sphéroïdal au voisinage des kersantons ; des schistes sont devenus onctueux au toucher et talqueux sous l'influence de roches serpentineuses et feldspathiques ; des grès et des grauwackes sont devenus porphyriques, et il s'y est même formé de petits cristaux de feldspath au voisinage des porphyres quartzifères. Nous avons décrit les caractères des schistes endurcis et imprégnés de silice, qui environnent le granite postérieur au terrain silurien dans le midi de la Norvège. Tantôt le calcaire qui accompagne ces schistes a été endurci et silicifié, tantôt il est devenu cristallin, et a donné naissance à des grenats, à de l'am-

phibole : ainsi s'est formée une zone de schistes siliceux , de calcaires siliceux et de calcaires cristallins concentriques au granite , et ayant une largeur moyenne de 1,200 mètres.

Nous avons examiné les divers degrés d'altération des grès quartzeux , les circonstances qui caractérisent la formation des quartzites ordinaires , des quartzites avec feuilletts chloriteux et micacés , des quartz devenus compactes , avec cassure pseudo-rhomboidale , et de certains grès qui ont été imprégnés de silice à la manière d'une éponge.

Autour des masses granitiques , dans l'O. de la France , nous avons reconnu des zones de grauwackes et de schistes contenant des macles et des cristaux rudimentaires noirâtres , qui ont de 1,500 à 2,000 mètres de largeur ; mais dans les lieux où le contour du granite présente une inflexion concave , en forme de golfe , et dans les endroits où deux masses granitiques se trouvent rapprochées l'une de l'autre , alors la largeur de la zone métamorphique devient beaucoup plus grande , et quelquefois double.

La zone des schistes silicifiés de la Norvège présente un accroissement de largeur analogue dans les mêmes circonstances.

L'ensemble des caractères que présentent les micaschistes et les véritables gneiss montre que ces roches dérivent de dépôts sédimentaires et doivent leur aspect cristallin à des actions métamorphiques. Les bandes de schiste micacé que nous avons vues dans les Pyrénées autour du granite sont toujours précédées par des schistes modifiés , et le micaschiste y est accompagné d'assises de schiste siliceux et de calcaire ; il est impossible de tracer la limite précise de ces diverses roches : elles forment des zones métamorphiques subordonnées aux grandes masses de granite et ayant environ 4,000 mètres de largeur.

Nous avons vu qu'en Bretagne les schistes micacés et les gneiss sont subordonnés aux deux bandes granitiques formant le littoral S. et le littoral N. de la Péninsule ; le long de ces côtes s'étendent deux zones de schistes cristallins caractérisées par l'association du granite , du gneiss et du micaschiste , ayant , l'une 400 kilomètres de longueur , l'autre un peu plus de 200 kilomètres.

C'est en Scandinavie que nous avons vu le gneiss constituer une formation indépendante , et que l'on peut appeler primitive , car elle est la plus ancienne de l'Europe : les granites et les diorites qui lui sont associés sont aussi les roches plutoniques les plus anciennes que l'on connaisse. Nous avons constaté qu'il n'y a aucun passage ni pétrographique ni stratigraphique entre le terrain gneissique et

le terrain silurien, mais qu'il existe une formation intermédiaire qui se rattache à l'un et à l'autre par la nature de ses roches.

C'est à l'influence des granites que doit être attribuée la production des gneiss et des micaschistes; ce sont ces roches qui ont développé les actions métamorphiques les plus intenses et qui ont fait cristalliser la plupart des minéraux silicatés que l'on observe dans les schistes et les calcaires.

Nous avons reconnu dans la formation des gîtes de sulfures et arsénio-sulfures métalliques de la Scandinavie des phénomènes de transport moléculaire analogues à ceux qui se sont effectués dans le métamorphisme.

La pénétration du fer oligiste dans des couches quartzeuses et du fer oxydulé dans des couches calcaires, leur association intime avec les particules de ces roches, nous ont fourni la confirmation de ce principe, savoir: qu'autour des masses plutoniques il peut y avoir cimentation de quelques uns des éléments qui les composent dans les dépôts stratifiés, et que ces divers éléments ont des tendances très inégales à pénétrer dans une même roche: nous avons ainsi expliqué l'association intime de la serpentine et du calcaire.

Enfin, un coup d'œil jeté sur les sources thermales nous a convaincu que le contact des roches plutoniques et des terrains stratifiés donne lieu à une succession de phénomènes qui se présentent sous des faces diverses, et qui se prolongent encore bien des siècles après que les masses ignées se sont refroidies à la surface.

Légende de la planche VI.

La fig. 1 représente la disposition de la matière noire à l'intérieur des macles des Salles de Rohan.

Fig. 2, 3 et 4. Coupes suivant la base montrant les diverses formes des macles des Salles.

Fig. 5. Disposition du calcaire sous forme de tubercules à l'intérieur des couches de schiste argileux silurien des environs de Christiania (Norvège).

Fig. 6. Disposition analogue, sous forme de lentilles, près Brévig (Norvège).

Fig. 7. Tubercules renfermés dans la grauwacke schisteuse, près Pléchatel (Ille-et-Vilaine).

Fig. 8. Disposition du phthanite sous forme de lentilles entourées de schiste feuilleté, près Riaillé (Loire-Inférieure).

Fig. 9. Structure schisteuse du phthanite, près Belligné (Loire-Inférieure).

M. R. Pellico, ingénieur en chef des mines d'Espagne, et professeur à l'École des mines de Madrid, fait la communication suivante :

Extrait d'un mémoire sur les gîtes argentifères de Hiendelaencia (Espagne), par Don Ramon Pellico, ingénieur en chef des mines d'Espagne.

Situation des filons et constitution géognostique du terrain.

Les gîtes argentifères, dernièrement découverts à Hiendelaencia, province de Guadalaxara (Espagne), sont situés sur le versant méridional de la grande chaîne de montagnes de Guadarrama, dans ce territoire aride et montagneux, qui conserve toutefois son ancien nom arabe de *Alcarria*.

Ces filons traversent le gneiss et le micaschiste, dont le passage est quelquefois si imperceptible qu'ils peuvent se confondre facilement. La formation de gneiss, soulevée d'abord par le granite, et postérieurement par les porphyres, vient de la chaîne centrale, dont font partie les montagnes de Ocejon, Alto-Rey, Otero, etc., et va s'éteindre au sud des villages de Robredarcas, Alcorlo et Congostrina. Ces villages, situés sur le micaschiste, déterminent assez exactement la limite de ces terrains métamorphiques anciens, et sa ligne de contact avec le groupe de la grauwacke qui affleure en formant une bande de faible épaisseur vers le sud de la mine de San-José de Congostrina, et marche de l'est à l'ouest aux environs des villages de Congostrina, Alcorlo et Veguillas.

Les roches qui constituent ce groupe sont : des grès, des conglomérats, des quartzites et des schistes argileux avec couches minces de gypse lamelleux et fibreux. Ce groupe est recouvert à peu de distance par un calcaire qui doit appartenir au terrain *Permien*, de même que les marnes et les dépôts argileux qui se trouvent sur ce calcaire jusqu'à Cogolludo.

Depuis le sud de cette ville, jusqu'au près de Cerezo, s'étend une formation d'albâtre gypseux, et derrière commence le terrain tertiaire qui se continue jusqu'à Guadalaxara et Alcalá, en formant le bassin de la rivière Atenares.

Caractères spéciaux des roches.

Le porphyre, qui se montre au jour en formant de petites collines isolées dans Alpesroches et la Minosa, présente différentes

gradations entre la structure granitoïde et la structure compacte. Dans le premier cas, il est formé par une masse feldspathique et amphibolique, qui enveloppe un grand nombre de grands et beaux cristaux de feldspath et de mica noir en tables hexagonales. Quand il affecte la structure compacte, la masse est très argileuse, et les cristaux feldspathiques sont petits et moins abondants. Tous ces porphyres, d'après leur composition, appartiennent aux *porphyres dioritiques*.

Le gneiss est généralement très chargé de mica tantôt rosâtre, tantôt noirâtre; sa structure est très fissile; il passe fréquemment au schiste micacé et quelquefois au schiste argileux, talqueux et chloritique. Dans le ruisseau de Grivilanes, le gneiss est presque entièrement formé de quartz et de feldspath, avec de gros cristaux de tourmaline, et, dans ce cas très rare, il présente un aspect entièrement granitoïde. La stratification du gneiss, par la disposition ondulée de ses couleurs, et par l'extrême complication de leurs inclinaisons, démontre une origine métamorphique et son gisement immédiat sur une roche plutonique.

La grauwacke est représentée par des couches alternantes de grès, composé des mêmes éléments que le gneiss et coloré en rouge par le fer oxidé, et d'un conglomérat semblable à la roche précédente, mais enveloppant de gros cailloux roulés de quartz et de chistes argileux verdâtres. Les strates sont dirigées de l'*Est* à l'*Ouest*, et leur inclinaison est de 75°.

Le calcaire *Permien* est compacte, blanchâtre et distinctement stratifié; les couches sont dirigées au N.-E., avec une inclinaison de 45° S.-E.

L'albâtre gypseux, d'une couleur blanche assez nette, forme des couches minces, inclinées de 20 à 30° S.; elles enveloppent des fragments globuleux de la même substance.

Enfin, la formation tertiaire, qui suit la précédente, est composée de dépôts alternants de marne, de grès grossiers, de conglomérats, d'argiles, de sables, de gypses, etc.

Gîtes métallifères.

Le terrain de gneiss, cité plus haut, est traversé par de nombreux filons de quartz et de baryte sulfatée, dont la direction est N.-S. pour les uns, et E.-O. pour les autres. Ces filons, principalement les seconds, sont fréquemment métallifères; trois sont exploités avec profit et annoncent de plus grands produits pour l'avenir. Le filon nommé *Santa-Cecilia* est déjà découvert sur

une longueur de 300 mètres environ , et une profondeur de 36 mètres; sa direction assez ondulée , mais considérée d'une manière générale; elle va de l'E. 20° N. , étant verticale au milieu, et s'inclinant de 75° N. à l'extrémité de l'E. , et de 80° S. , à celle de l'O. Il présente trois bifurcations et une espèce de rétrécissement très notable. Sa puissance , quoique très variable , est en moyenne de $1/2$ mètre. Dans la composition du filon domine la baryte sulfatée accompagnée ordinairement de quartz blanc lustré. Les substances métalliques qu'il contient sont : de l'argent sulfaté , muriaté et bromuré , de l'argent rouge , de l'argent natif , de la galène , du fer pyriteux et oxydé et de l'oxyde de manganèse. Les substances les plus abondantes sont l'argent sulfuré et muriaté , et cette dernière , unie fréquemment au fer oxydé , forme les minéraux appelés *pacos* en Amérique , avec lesquels elle a l'analogie de contenir du bromure d'argent , comme cela arrive aussi à Poullaouen.

Quoiqu'il soit bien difficile d'indiquer le produit moyen de ces minéraux , avant d'avoir commencé à constater le rendement en gros , il doit , d'après les essais , s'approcher de 8 onces par quintal.

Le filon de San - José suit la direction E. 10° N. ; son inclinaison est de 65° N. , et il a jusqu'à 3 mètres de puissance. Il est essentiellement composé de baryte très blanche dans laquelle sont disséminés de l'argent sulfuré et de l'argent rouge en taches et en petits cristaux. Le produit moyen de ces minéraux est de 4 onces par quintal , ce qui est beaucoup , si l'on considère l'épaisseur extraordinaire du gîte.

Le filon appelé *malanoche* marche dans la direction de l'E. à l'O. , magnétique fixe , en inclinant de 80° N. Sa puissance est de 1 pied , et la gangue et les substances métalliques dont il se compose sont presque les mêmes que celles de Santa-Cecilia , quoique moins abondantes.

Outre ces trois filons , il en existe plusieurs autres qui ont présenté des indices de minerai d'argent , et qui ont avec eux une ressemblance remarquable.

M. Desor présente quelques considérations sur la limite supérieure des roches polies , en faisant passer sous les yeux de la Société un dessin de ce phénomène , tel qu'il se voit sur la rive gauche du glacier de l'Aar. Nulle part , selon lui , la limite supérieure des anciens polis n'est aussi distincte que dans les en-

virons de ce glacier. La rive gauche, en particulier, présente des parois de granite très escarpées, et tellement usées, qu'elles brillent au soleil comme du marbre poli. Près de l'extrémité du glacier, la limite supérieure des polis est à 700 mètres environ au-dessus du niveau de l'Aar, et on la poursuit des yeux jusqu'à une distance de plusieurs lieues en amont de l'Hôtel des Neuchâtelois. Comme sa pente est plus faible que celle du glacier (elle n'est guère que de 1° , tandis que celle du glacier de l'Aar, à partir de l'Abschwung, est d'environ 4°); il s'ensuit qu'elle forme avec la surface actuelle du glacier un angle aigu, de manière à se perdre sous les neiges, à la hauteur d'environ 3,000 mètres. Au-dessus des polis s'élèvent des arêtes dentelées et profondément déchirées, qui forment un contraste frappant avec les surfaces arrondies et unies qui sont au-dessous. Ce *contraste* a été remarqué depuis fort longtemps par les géologues qui ont visité ces contrées; on en trouve même des indices dans les cartes les plus anciennes du pays; mais aucun auteur ne l'a expliqué d'une manière satisfaisante. M. Hugi, qui s'en est occupé d'une manière spéciale, attribue la forme arrondie des roches polies à une différence minéralogique. Il appelle *granite ventru* la partie polie et mamelonnée qui est à la base, et *demi-granite* la partie déchirée et dentelée qui forme les pics. M. Necker de Saussure a commis une erreur tout-à-fait semblable dans sa description de la chaîne du Bel-Oiseau.

Lorsque les polis ont disparu par l'effet des agents atmosphériques, on reconnaît encore quelquefois leur limite supérieure à la forme arrondie des massifs et à des amas de roches éboulées qui sont accumulés au pied des pics dentelés. Il faut alors être sur ses gardes pour ne pas confondre ces éboulements avec d'anciennes moraines ou des blocs erratiques qu'on rencontre quelquefois dans les mêmes conditions. Les amas de blocs qui accompagnent la limite des polis au glacier de l'Aar sont dans ce cas, et ce ne serait qu'autant qu'on trouverait dans le nombre des blocs étrangers aux pics qui les dominent que l'on serait en droit de les envisager comme d'origine erratique.

L'existence de roches arrondies et polies, qui sont surmontées et couronnées par des pics dentelés, n'est rien moins qu'un

phénomène exceptionnel : c'est , au contraire , la règle dans les hautes régions des Alpes. Dans tout l'Oberland bernois , il n'y a pas une cime au-dessus de 3,000 mètres qui ne soit profondément disloquée. Si donc les cimes moins hautes sont compactes et arrondies , c'est parce que les anciens glaciers , en passant par-dessus leur sommet , en ont enlevé toutes les parties disloquées. Le point où la dislocation cesse sur les flancs de la montagne indique par conséquent la hauteur de l'agent possissant. De là vient que de nos jours il n'y a que les plus hauts pics des Alpes qui fournissent des moraines abondantes. Un glacier qui ne serait entouré que de parois polies n'aurait par là même que des moraines très faibles.

M. le Vice-Président fait observer qu'il est impossible de mettre la séance extraordinaire , à Alais , le même jour que la foire ; M. le baron d'Hombres-Firmas et M. Calon ont écrit pour en faire l'observation. En conséquence , sur la proposition du Conseil , l'ouverture de la séance extraordinaire est fixée au dimanche 30 août.

M. Pomel fait une communication qui sera insérée dans les Mémoires , et dont voici le résumé :

Note sur le lias de la Moselle et sur quelques gisements de végétaux fossiles , par A. Pomel.

Le lias de la Moselle et des régions voisines présente un type si particulier dans ses subdivisions , que les géologues ont souvent émis des opinions discordantes à son égard.

La partie la plus inférieure est normale , c'est-à-dire formée des grès plus ou moins sableux supra-triasiques , des marnes et calcaires bleus à gryphées arquées , assez semblables à ceux des autres contrées où ces dépôts ont été étudiés. Mais vers le N. du département , le lias bleu perd tout-à-coup de sa puissance , et on trouve en superposition à ses couches des dépôts arénacés , quartzocalcaires dans la contrée , devenant calcaireux plus à l'O. , où ils s'adossent aux terrains primaires des Ardennes. Ces couches sableuses renferment les fossiles les plus caractéristiques du lias bleu , et notamment les Lime gigantesque , Gryphée arquée , etc. ; mais on y trouve aussi une faune spéciale qui doit différer , dans certains détails , de celle du vrai lias , en raison de la différence d'habitat

que les deux sols offraient aux animaux de cette époque. Les végétaux sont aussi ceux du lias inférieur, *Clathropteris meniscioides*, *Odontopteris Cycadea* et autres espèces nouvelles, *Moreauya imbricata*, *Zamites Hennochii*, *Zamiolapis dissecta*, *Tæniophyllum Terquemii*.

Ce dépôt ne peut pas être élevé au-dessus du lias inférieur, parce qu'il est immédiatement recouvert par les couches les plus inférieures du lias moyen, celles à gryphées cymbales qui reposent sur le *bleu lias* partout où manquent les dépôts sableux dits de Luxembourg.

La succession des dépôts liasiques se continue de bas en haut par la série suivante :

Marnes bleues fissiles à *Belemnites paxillosus*, sans nodules ferrugineux ni calcaires à la base, mais renfermant à leur partie supérieure, considérablement développée, des ovoïdes ferrugineux, parfois si nombreux qu'ils simulent un poudingue à grandes parties, dans lequel les marnes fissiles contournées servent de ciment. Les fossiles n'y sont pas très répandus.

Calcaires plus ou moins sableux, micacés et passant au macigno, ferrugineux ou argileux, caractérisés surtout par l'abondance des Plicatules, qui y forment parfois des Lumachelles avec d'autres fossiles très répandus.

Marnes argileuses bleues plus ou moins fissiles, renfermant des lits ou des couches rares de calcaires bleus ou jaune d'ocre très compactes, qui présentent des ammonites ou des fucoïdes.

Enfin les grès ferrugineux et les sers oolitiques, qui se subordonnent mutuellement et passent aux oolites ferrugineuses qui les recouvrent.

Entre le dépôt du calcaire à gryphées cymbales et celui des marnes fissiles, il s'est opéré une faille N.-S. qui a formé les escarpements de la rive droite de la Moselle, près de Metz, contre lesquels viennent butter les marnes qui devraient les recouvrir dans leur position normale, ou en être séparées par de nombreuses couches.

Ce mouvement a fait presque affleurer le Keuper au même niveau et à peu de distance des marnes à ovoïdes ferrugineux.

Les végétaux fossiles du lias supérieur de la Moselle (lias moyen et supérieur) sont le *Fucoides granulatus* et trois espèces voisines trouvées aussi à Boll (Wurtemberg), deux espèces voisines et nouvelles des calcaires ferrugineux de la partie supérieure, et un *Zamites Simonii* des mêmes couches.

On voit qu'il existe quatorze espèces connues de végétaux fos-

siles dans le lias de la Moselle, et que ce ne sont que des Algues, des Cycadées et des Conifères, comme dans tous les gîtes connus du lias normal. Nous ne parlons pas du *Mantellia cylindrica* qui avait été signalé dans ces terrains, car nous n'avons rien vu qui lui ressemble.

Le Trias est encore plus pauvre en débris de plantes fossiles; on n'en trouve que dans le grès bigarré, et bien rarement encore, le plus souvent dans un mauvais état de conservation. Un échantillon du *Paleoxyris regularis* m'a paru être plutôt un Verticille en développement des feuilles du *Schizoneura* qu'un épi de Xyridée, et ses impressions rhomboïdales résulter du croisement des lignes de suture de chaque feuille, les unes antérieures en saillie, les autres postérieures en creux, opinion corroborée par la forme tordue des deux appendices de ce corps singulier.

Le terrain houiller de Schœneck, faisant partie du bassin de Saarbruck, est, au contraire, très riche en végétaux fossiles. L'espace me manque dans ce simple résumé pour indiquer toutes les espèces recueillies par M. Lambry, directeur des travaux, ou par moi-même à la mine voisine de Geislautern. Je me bornerai à signaler les faits suivants :

Il existe dans ces couches un poisson du genre *Holopticus*, différent de celui des mines d'Angleterre, décrit comme un *Polyporite*, et que je proposerai de nommer *H. Agassizii*; il diffère du précédent par les granulations plus fines de sa surface.

L'*Artisia* est un tronc à cicatrices de feuilles embrassantes et à feuilles engainantes, et non un axe vasculaire articulé de l'intérieur d'un végétal arborescent.

Les *Sphenophyllum* ont des fruits spiciformes, terminaux, disposés en verticilles rapprochés de 4 graines lenticulaires à diamètre vertical, à surface chagrinée, et ressemblant assez aux fruits des *Astérophyllites*.

L'*Equisétum* infundibuliforme n'est qu'un épifruetifère de ce dernier genre, et devra être nommé *Asteroph.* ou *Wolkmania infundibuliformis*.

Les Fougères m'ont offert trois types très remarquables, dont l'un générique que je caractériserai ainsi :

LOXOPTERIS Poir. Frons tripinnata, pinnulis adnatis vel subadnatis, integris, vel profundè lobatis, nervo infernè marginali, nervulis secundis simplicibus, furcatis, pinnatisve.

1° *L. Adiantoides*. Fronde bipinnatâ, pinnis patentissimis, linearibus, pinnulis adnatis oblongis, subrhombeis, margine inferiore integris, superiore terminalique profundè lobatis, lobis

oblongis contiguis obtusis, integris emarginatisve nervulis bis furcatis, longiore pinnato, ramulis simplicibus singulo in quoque lobo.

2° *L. Lambryana*. Fronde bipinnatâ, pinnis flexuosis patentibus, pinnulis adnatis, basi dilatâtâ conatis, oblongis, obtusis, infernè decurrentibus, supernè sinuato-lobatis, vel obscurè dentatis, retrorsum falcatis nervulis simplicibus vel furcatis.

Enfin je crois devoir établir le genre *Neozamia* pour le *Flabellaria borassifolia* de Sternberg, que je caractériserai de la sorte : Foliis pinnatis, pinnis late linearibus acuminatis, vel obtusis, basi subcontracta incrassataque rachidis appendiculo complanato dilatato insertis, nervis simplicibus parallelis, contiguis æqualibus; rachi canaliculato, transversum striato. (*N. Jaubertiana*, Pom., *Flabellaria borassifolia*, Sternb.).

M. Viquesnel présente, au nom de M. Damour, trésorier, l'état de la caisse, arrêté au 31 mai dernier.

Il restait en caisse au 31 décembre 1845.	958 fr. 25 c.
La recette, depuis le 1 ^{er} janvier 1846, s'élève	
à.	40,410 35
Total de la recette.	41,368 60
La dépense, pendant les cinq mois écoulés,	
monte à.	7,364 »
Il reste en caisse au 31 mai 1846.	4,004 60

M. le Secrétaire commence la lecture d'un Mémoire de M. Durocher sur les *Phénomènes erratiques de la Scandinavie*.

Le Secrétaire croit devoir annoncer, comme présentant un intérêt géologique, l'ouvrage de M. Collin, ingénieur des ponts et chaussées, intitulé : *Recherches expérimentales sur les glissements spontanés des terrains argileux, accompagnées de considérations sur quelques principes de la mécanique terrestre*. Carilian-Gœury, quai des Augustins, 39; Paris, 1846. Il cite les titres du chap. II : *Relation entre la ligne de glissement cycloïdale et le profil des flancs des montagnes argileuses*, et du chap. XII : *Exemples de diverses formes de talus naturels de marnes et argiles*.

M. Fauverge rappelle l'inégalité de la marche des glaciers

dont a parlé M. Desor dans la dernière séance, et pense qu'elle a sa cause dans la forme du glacier, dont la plus grande partie de la surface extérieure, celle de dessus, est sans doute courbe, plus basse au milieu, et relevée sur ses bords; il dit que, dans ces conditions, le glacier doit s'avancer davantage vers le milieu; car c'est là que pénètre la plus grande quantité de l'eau produite par la température atmosphérique, et qui, en se congelant, le fait marcher.

M. Ch. Deville communique les observations suivantes sur l'île de Fogo (cap Vert), dont il a présenté à la Société une carte topographique, dans la séance du 4 mai dernier (voyez p. 489).

Le séjour que j'ai fait à Fogo, en octobre 1842, a été si court, que je ne me serais pas décidé à en présenter le récit, si je n'avais su combien sont peu nombreuses et insuffisantes les notions que nous possédons sur ces îles, si peu connues, quoique aussi voisines de nous. Si l'on en excepte, en effet, un petit nombre de lignes du célèbre et infortuné botaniste Smith, et quelques observations intéressantes dues à M. Charles Darwin, qui tous deux ont fait une courte relâche à Santiago, je n'ai connaissance d'aucun document véritablement scientifique sur ces îles.

Débarqué au petit fort de la Luz, j'ai employé trois jours dans une excursion au pic de Fogo, dont l'aspect en mer étonne par sa hardiesse et son élévation. D'après une mesure barométrique, il atteindrait, en effet, une hauteur d'environ 2,790 mètres, ce qui est très considérable pour une montagne dont la base touche au niveau de la mer. Le vaste cratère de soulèvement, entièrement basaltique, dont il occupe le centre, rappelle beaucoup la forme générale du Vésuve. Comme ce dernier volcan, une crête demi-circulaire l'enveloppe d'un côté; de l'autre, le rempart est détruit, et de très nombreux cônes de scories, dont les plus récents datent des éruptions de 1785 à 1799, ont couvert tout ce flanc de l'île de laves et de produits volcaniques de tout genre. Les laves ont atteint presque partout la mer, et ont entouré cette partie de l'île de récifs et de brisants.

Lorsqu'on est dans l'*Atrio* ou la plaine qui constitue le fond du cratère de soulèvement, on est dominé d'un côté par les murs verticaux de ce grand cirque, tout composé de masses basaltiques, alternant avec des assises de conglomérats, et traversés en tous

sens par de très nombreux filons de la même roche ; de l'autre, par la masse énorme du pic , qui , sur une pente de 35 à 40°, a plus de 1,000 mètres au-dessus du niveau de l'Atrio. Le point culminant du cirque lui-même n'est pas de beaucoup inférieur au sommet du pic , et cette disposition rappelle encore , mais dans de plus grandes proportions , celle de la Somma et du Vésuve.

Le côté O. forme une pointe allongée , à l'extrémité de laquelle se trouve la ville de la Luz. Les pentes extérieures , qui , des falaises escarpées dont l'île est environnée , s'élèvent jusqu'aux sommités du cirque , contrastent par leur douceur avec les murailles coupées à pic qui entourent circulairement le cratère du côté intérieur.

Ces pentes extérieures , sillonnées de ravins parfaitement semblables aux barancos basaltiques de Ténériffe , sont aussi accidentées que des cônes de scories modernes , et on y rencontre surtout des laves considérables , qui , d'après les relations de deux témoins oculaires , doivent être attribuées aux éruptions de 1769 et de 1799.

Tels sont , en résumé , les principaux caractères de cette île basaltique qui présente un nouvel exemple de cratère de soulèvement , et dont l'étude aurait exigé , pour être complète , plus de temps que je n'en pouvais consacrer. J'ai essayé d'en reproduire les traits principaux dans l'*Esquisse topographique* que j'ai soumise à la Société. Cette petite carte n'est et ne peut être qu'un simple croquis ; mais elle coïncide avec les observations que j'ai faites sur les lieux et avec les dessins que j'en ai rapportés.

RÉUNION EXTRAORDINAIRE

A ALAIS (GARD),

Du 30 août au 6 septembre 1846.

Séance du 30 août 1846.

Les membres de la Société qui ont assisté à la réunion sont :

MM.

AUBERY,
BERTRAND GESLIN (baron),
CHAMOUSSET (l'abbé),
DOUBLIER,
DUMAS (Émilien),
EWALD (Jules).
FONSCOLOMBE (DE),
HOMBRES FIRMAS (baron D'),
JEANJEAN,

MM.

MALBOS (Jules DE),
RENAUX,
REYDELLET (DE),
ROUVILLE (Paul DE),
ROYS (marquis DE),
SAPORTA (DE),
STOBIECKI,
TEISSIER (Jules),
TOSCHI.

Un grand nombre d'habitants de la ville, ainsi que quelques étrangers, ont assisté aux séances de la Société et suivi ses courses. Nous devons citer d'abord l'illustre et vénérable baron DE BUCH. Ce noble vétéran de la science a supporté avec le courage et la gaieté d'un jeune homme la fatigue des courses et les orages qui deux fois sont venus les arrêter. Nous citerons ensuite :

MM.

BLANC,
BORELLI,
BOUISSE (l'abbé),
BOYER DE PEYRELEAU (le général baron),
CALLON, ingénieur des mines;
CARTILLON, notaire;
COSTE (l'abbé), professeur au séminaire de Beaucaire;

MM.

CRYSZKOWSKI (Constantin), ingénieur des mines polonais;
FENY (le Dr), chirurgien en chef des hospices;
GAIRAUD (l'abbé), professeur à l'institution de l'Assomption à Nîmes;
GUIRAUDET (Émile DE), maire d'Alais;

MM.	MM.
HOMBRES (baron Charles d'),	PERES,
HOMBRES (Maximin d'),	POLGE (l'abbé),
LADEVÈZE (DE), procureur du roi;	RETZ (comte Émile DE),
LARCY (baron DE), membre du	ROUSSEAU, ingénieur civil, direc-
Conseil général;	teur de la fonderie;
MORETTE,	ROUX, principal du collège;
PAGÈS (docteur Henri),	SERRE (le docteur),
PELOU, substitut du procureur du	VALLÉE, ingénieur civil.
roi;	

La séance est ouverte à une heure. M. le maire d'Alais a bien voulu installer la Société.

On procède, pour la session, à l'organisation du bureau, qui a été ainsi composé :

Président : M. le baron d'HOMBRES FIRMAS;

Vice-Président : M. l'abbé CHAMOUSSET;

Secrétaires : MM. Émilien DUMAS, marquis DE ROYS.

M. le baron d'Hombres Firmas a adressé quelques remerciements à la Société, et a proposé pour ses courses un itinéraire qui a été adopté. Il annonce ensuite quatre présentations.

M. Teissier lit un Mémoire sur les moyens d'amener des eaux abondantes et de créer plusieurs fontaines dans la ville d'Alais.

M. de Malbos lit une notice sur le singulier végétal fossile à odeur de truffes, de l'étage du grès vert. Entre le confluent de l'Ardèche et la ville du St-Esprit, le Rhône a miné sa rive droite, formée d'assises de sables vaseux, de marnes sableuses et de grès qui se décomposent facilement, plongeant au N.-O. sous une inclinaison de 4 à 6°.

Au-dessus de la couche inférieure d'un sable fin, micacé, où il a trouvé un Spatangue et une Ammonite, est une roche tendre, où M. de Malbos a trouvé de nombreux débris de truffites. Ce sont quelquefois des tiges isolées, mais plus ordinairement des espèces de cylindres composés de nombreuses tiges appliquées les unes contre les autres, offrant au premier aspect une faible ressemblance avec l'*Hippurites organisans*. Un morceau de 30 centimètres de long, et dont les diamètres sont de

20 et 10 à 12 centimètres, en contient plus de 40. Toutes ne sont pas droites; il y en a de tortueuses et même repliées sur elles-mêmes. Les plus grandes ont 15 à 20 millimètres de diamètre, les plus petites, 4 à 5. Elles sont généralement creuses, entourées d'une sorte d'écorce de carbonate de chaux à cristallisation radiée comme celle des Bélemnites, remplies du sable de l'assise, et terminées par une calotte demi-sphérique. Ces tiges sont séparées par des feuilletts minces d'un charbon léger, fendillé, qui ne dégage aucune odeur de truffe au frottement, et très légère quand on le brûle au chalumeau; on y trouve de très petits cristaux de pyrite; la surface, examinée à une forte loupe, paraît criblée de petits pores très réguliers. Les tiges dont l'intérieur est cristallisé font mieux apprécier la structure intérieure du végétal qui était creux. Le vide est rempli de chaux carbonatée, radiée, presque limpide, entourée de trois ou quatre enveloppes de calcaire compactes, très denses, minces et espacées d'environ un demi-millimètre, l'intervalle rempli également de petits cristaux de chaux carbonatée radiée. Ces tiges ne portent aucune trace de compression. Elles sont assez ordinairement dans la direction de la stratification; peut-être ne sont-ce que des racines. M. de Malbos possède un échantillon du grès vert de St-Paul-Trois-Châteaux (Drôme), de 11 centimètres de circonférence, dont l'écorce est également formée de cristaux radiés de carbonate de chaux, de 1 à 6 millimètres d'épaisseur. Des parties renflées partent des faisceaux de tiges horizontales, exactement pareilles à celles du St-Esprit. Ces racines ne semblent pas faire corps avec la tige, mais y être plantées perpendiculairement comme des chevilles dans des trous coniques, comme le prouvent quelques racines détachées. Les plus fortes racines de ce fragment ne sont guère que le tiers des grosses racines du St-Esprit.

Ainsi, ce végétal devait contenir au centre une moelle se décomposant facilement, entourée de 4 ou 5 enveloppes ligneuses concentriques, séparées par un mince tissu cellulaire, le tout enveloppé d'une écorce de 1 à 6 millimètres d'épaisseur, sans doute encore d'une nature ligneuse, aujourd'hui convertie en cristaux radiés de carbonate de chaux enfumé, dans lesquels

réside exclusivement ce parfum si remarquable ; enfin , d'une véritable écorce , aujourd'hui changée en lignite. Ces cristaux odorants décrépitent au chalumeau , et offrent une saveur un peu styptique sur la langue. Dans les marnes de l'oxford-clay on trouve des géodes calcaires avec des cristaux enfumés semblables , mais à odeur de bitume. Il est très probable , par conséquent , que dans la partie ligneuse de ce végétal devait circuler une résine odorante , qui s'est trouvée fixée dans les cristaux enfumés de carbonate de chaux d'une manière identique au bitume que présentent des cristaux analogues dans tous les terrains.

Séance du 31 août.

M. le vicomte d'Archiac écrit à M. le Président pour relever une faute d'impression qui rend inintelligible toute sa note (*Bulletin* , 2^e série , t. III , p. 279) , par la substitution du mot *Londonien* au mot *Landenien* qu'il avait écrit.

M. le Baron d'Hombres Firmas fait hommage à la Société de ses Mémoires , en 5 volumes , sur l'histoire naturelle , l'agriculture , la physique , etc.

Il proclame membres de la Société , d'après les présentations faites dans la séance précédente :

MM.

EWALD (Jules) , naturaliste , à Berlin (Prusse) ;

JEANJEAN (Adrien) , avocat , à St-Hippolyte-le-Fort ;

DE REYDELLET , ingénieur civil des mines , à Izernause (Ain) ;

DE ROUVILLE (Paul) , à Alais ;

Présentés par MM. Émilien Dumas et le baron d'Hombres.
Il annonce une présentation.

M. Émilien Dumas rend compte de la course faite le matin.

La Société , sortie d'Alais par le vieux pont , s'est dirigée sur la rive droite du Gardon. Après avoir dépassé deux mamelons

appartenant au terrain d'eau douce, faisant partie de la grande formation lacustre tertiaire qu'elle doit étudier plus tard, elle a examiné d'abord la montagne St-Germain, divisée en deux pitons. Celui de droite appartient au lias, dont les dolomies, qui en forment l'étage supérieur, contrastent par leur teinte noirâtre avec le terrain oxfordien du piton de gauche. La ligne de séparation des deux étages aboutit au sommet à l'abside de l'église ruinée de l'ancien couvent de St-Germain. Quittant la route départementale qui suit le fond du vallon entre la montagne de St-Germain et celle de l'Hermitage, elle a reconnu que cette dernière appartenait tout entière à l'étage oxfordien. La partie supérieure est blanchâtre et fournit de la chaux grasse. La partie moyenne offre un calcaire bleu, coupé de nombreuses veines de spath calcaire, dont les assises sont séparées généralement par de très petits lits de marne feuilletée. Dans la carrière de l'Ermitage, exploitée pour les constructions de la ville d'Alais, la Société a trouvé un *Aptychus*, des *Belemnites hastatus*, quelques débris d'*Ammonites biplex*, fossiles caractéristiques de cet étage, et une tige fossile entièrement convertie en pyrite, que M. le baron de Buch, à ses stries et aux petites pointes qui la garnissent, a reconnue être probablement une pointe de *Cidaris*. M. Dumas a fait remarquer des points d'une teinte plus foncée que le reste de la pierre, surtout sur les surfaces qui ont été quelque temps exposées à l'air, et qui sont très caractéristiques de ce terrain dans cette partie des Cévennes.

En descendant de ce terrain au ruisseau qui coule au fond de la gorge, la Société a reconnu que le terrain oxfordien venait buter vers sa partie inférieure en stratification tout-à-fait contrastante contre des grès et des arkoses appartenant à un terrain décrit par M. Leymerie, dans son Mémoire sur le Mont-d'Or lyonnais, sous le nom de grès inférieur, et qu'il rapporte au keuper. Sur ce point les strates des deux terrains sont presque perpendiculaires les unes à celles de l'autre. Il n'a pu rester dans l'esprit des membres présents le moindre doute sur l'indépendance des deux formations. Il est donc difficile de placer ce terrain dans le lias, comme l'ont fait MM. Dufrénoy et

Élie de Beaumont, dans la carte du bassin houiller d'Alais, insérée dans le texte de la carte de France. M. Dumas, à l'exemple de M. Fournet, le rapporte au trias. Dans un point où un petit lambeau de ce terrain couvre des schistes et des grès houillers, MM. l'abbé Chamousset, Bertrand Geslin et de Roys ont reconnu que leur stratification était transgressive. M. Dumas pense que ce n'est là qu'un accident, mais qui, sur d'autres points que la Société pourra examiner plus tard, se reproduit sur une grande échelle. Le lambeau de terrain houiller affleurant au bas du vallon, près le pont Gisquet, n'offre aucun intérêt industriel. C'est de ce terrain que sort la fontaine Daniel, vue par la Société, et dont les eaux contiennent du sulfate de soude. En revenant dans la direction d'Alais, la Société a vu dans le fond du ruisseau un calcaire subordonné au keuper, que sa teinte bleue, les fissures remplies de chaux carbonatée, auraient pu faire confondre avec l'oxfordien; mais son grain bien plus serré et sa texture presque grenue l'en distinguent complètement.

Plus loin, M. le baron d'Hombres a fait observer à la Société un minerai de fer magnésifère pisiforme qui se trouve dans des fissures du calcaire oxfordien, en partie libre, en partie engagé dans un calcaire blanc évidemment concrétionné. M. de Roys pense qu'il appartient à cette grande formation de fer hydraté pisolitique qui fournit la plus grande partie du minerai exploité en France, dont la position n'est point encore parfaitement déterminée, qui se trouve au-dessus de presque tous les terrains, même des tertiaires inférieurs et peut-être moyens. C'est le Bohnerz des Allemands.

La Société s'est ensuite rendue à la verrerie de Rochebelle, où M. le baron d'Hombres lui a fait remarquer de belles dendrites en manganèse; puis elle a visité les mines de houille de Rochebelle et celle de Cendras.

M. l'abbé Chamousset fait remarquer l'identité presque parfaite du terrain oxfordien, qu'il a visité le matin, avec celui de la Savoie: même coloration, mêmes veines de calcaire spathique. La ressemblance est complète dans toutes ses divisions: seulement il existe en Savoie une division inférieure qui n'est pas

reproduite à Alais. Il rappelle que, par des observations qui lui sont propres, il a ramené à cet étage le terrain de la porte de France, que MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy rapportaient à l'étage jurassique tout-à-fait supérieur, de même qu'ils avaient rapporté au lias celui d'Alais, erreur qu'ils ont ensuite reconnue.

M. le baron d'Hombres fait remarquer que l'abbé Sauvage avait décrit cette diversité de terrain dès l'an 1703.

M. l'abbé Chamousset fait ressortir les différences qui existent entre le calcaire oxfordien des Cévennes, tout-à-fait semblable à celui qui est immédiatement adossé aux Apes, et celui que l'on rencontre dans l'espace qui sépare les Alpes des Cévennes. Celui d'Alais a été disloqué : on en trouve la preuve évidente dans les veines si nombreuses de spath calcaire. M. Dumas pense que l'émission des granites de Mayelles, très rapprochés des points visités, est antérieure à cette dislocation. M. Chamousset trouve une preuve de cette dislocation dans les dolomies. M. de Roys fait observer que beaucoup de ces dolomies sont immédiatement superposées à des calcaires normaux, qu'ainsi le métamorphisme par émission de gaz après le dépôt n'a pu avoir eu lieu. Il cite à l'appui de cette observation le Mémoire lu par M. Dumas au Congrès de Nîmes en 1844. M. Chamousset fait observer que peut-être n'avait-on pas observé le point d'émission des gaz chargés de magnésie, que dans les gypses métamorphisés tout n'est pas également atteint par les gaz sulfureux, puisqu'on trouve des blocs intercalés de carbonate de chaux intacts. M. de Roys répond que dans les gypses métamorphiques le point d'émission des gaz est ordinairement déterminé ; il reproduit les calculs de M. Élie de Beaumont sur l'augmentation de volume des gypses transformés, augmentation qui leur donne une forme hémisphérique. Le métamorphisme n'est bien complet qu'au centre, et va ordinairement tout autour à mesure qu'on s'en éloigne : on en voit plusieurs exemples remarquables dans la formation triasique en Lorraine. Il n'y a rien de pareil dans les dolomies immédiatement superposées à des calcaires normaux, qui se poursuivent ainsi régulièrement sur d'assez grands espaces. M. Dumas pense que s'il y a eu métamorphisme pour ces

couches , il est contemporain du dépôt , et que , pendant que le calcaire était encore à l'état pâteux , des sources chargées de sels magnésiens se répandaient dans les eaux où le dépôt venait de se former , et lui apportaient ainsi , uniformément répandu , l'élément magnésien transformateur. Il ajoute qu'au reste il existe un grand nombre de dolomies évidemment métamorphiques. M. Teissier fait observer que la dolomie métamorphisée prend un volume moindre que le calcaire qu'elle remplace ; qu'ainsi , au lieu des soulèvements cratériformes décrits par M. de Roys , il y a dépression et affaissement , ce qui pourrait faire déterminer le point d'émission des gaz. Il fait observer au surplus que les gypses des Cévennes , même saccharoïdes , ne paraissent point métamorphisés par une action semblable à celle des gypses de Lorraine et de Souabe. Cette observation est confirmée par M. Dumas.

M. Doublier communique à la Société un *Encrinites liliiformis* trouvé pour la première fois entier dans le muschelkalk du Var. Il communique également une dent que M. Teissier pense être une dent de cheval , et quelques échantillons d'un calcaire lacustre qu'il a observé près de Draguignan.

M. Émilien Dumas lit le Mémoire suivant sur les terrains anciens houillers , triasique et jurassique des Cévennes.

Notice sur la constitution géologique de la région supérieure ou Cévennique du département du Gard, par M. Émilien Dumas.

Messieurs ,

Étudiant depuis plusieurs années la constitution géognostique du département du Gard , dont j'ai déjà dressé en grande partie la carte géologique , je viens vous prier de vouloir bien me permettre , avant de commencer nos explorations , de vous donner un aperçu aussi rapide que possible de la géologie générale de cette contrée , et notamment de la partie qui comprend les montagnes des Cévennes , qui sera bientôt l'objet de vos investigations.

J'ai cru devoir aussi , afin de vous familiariser à l'avance avec le faciès le plus habituel de nos terrains , mettre sous les yeux de la Société une suite des roches et des fossiles les plus caractéristiques

de la contrée que nous allons explorer, et qui y jouent le rôle le plus important.

Le département du Gard, considéré dans son ensemble, peut se diviser topographiquement en trois grandes parties ou régions naturelles distinctes :

1^o *La région supérieure ou Cévennique*, qui comprend la totalité de l'arrondissement du Vigan et la partie occidentale de celui d'Alais, peut être limitée par une ligne à peu près droite passant par Ganges, Anduze, Alais, Saint-Ambroix et les Vans.

2^o *La région moyenne*, composée de la partie orientale de l'arrondissement d'Alais et de la totalité de celui d'Uzès.

3^o *La région basse ou maritime*, formée en entier par l'arrondissement de Nîmes.

Chacune de ces trois régions offre un aspect particulier, évidemment dû à la composition géologique du sol. La *région supérieure*, que nous nommons cévennique parce qu'elle comprend la plus grande partie des montagnes des Cévennes, et qui se subdivise ordinairement en *hautes* et *basses Cévennes*, est formée dans les parties les plus élevées par les terrains les plus anciens, le *terrain talqueux* et le *terrain granitique*; tandis que les basses Cévennes sont constituées par le *terrain houiller*, le *trias*, le *lias*, et les étages inférieurs et moyens du *système oolitique*.

La *région moyenne* est constituée presque en entier par la formation *néocomienne*, par les *argiles aptiennes*, le *gault* ou grès vert inférieur et la *craie chloritée*; terrains qui sont recouverts sur quelques points par la *formation lacustre* et par quelques lambeaux du *terrain marin tertiaire*.

Enfin la *région basse ou maritime* est caractérisée par la *formation néocomienne*, la *formation lacustre*, le *terrain marin tertiaire*, et par les *alluvions anciennes et modernes*.

Bien que notre but ne soit que de décrire ici les terrains qui composent la région supérieure du Gard, nous serons cependant obligé, afin de rendre nos descriptions plus complètes, de les étendre aux portions des départements de l'Aveyron, de la Lozère et de l'Ardèche, appartenant aux montagnes des Cévennes, qui sont trop intimement liées à cette région du Gard pour pouvoir en être séparées.

Mais avant de décrire géologiquement cette contrée, nous croyons utile d'indiquer l'étymologie de ce mot de Cévennes, de donner une idée de l'étendue et de la configuration générale de cette chaîne de montagnes, et de déterminer la portion de pays comprise aujourd'hui le plus généralement sous cette dénomination.

Le nom de Cévennes, dérivé de l'hébreu *Giben* ou du celtique *Keben*, signifie, dans ces deux langues, montagne. Cette double étymologie, souche commune de toutes les appellations grecques et latines, a vraisemblablement sa racine primitive dans les antiques idiomes de l'Inde. Strabon dans son *Traité de géographie*, qui est l'ouvrage de cette nature le plus complet et un des plus anciens qui nous restent, nous apprend que le mont *Cemmenus* prend naissance aux Pyrénées par une ligne perpendiculaire, traverse le milieu des Gaules et se termine près de Lyon, après avoir parcouru un espace de 2000 stades, c'est-à-dire 104 lieues environ. Cette même chaîne de montagnes est nommée par Jules César *Cebenna*, par Pomponius Méla et Pline *Gebenna* ou plutôt *Cebenna*, dénomination qui se rapproche davantage du mot *Cévennes*, dont on se sert aujourd'hui.

On voit que les anciens géographes désignaient sous ce nom une étendue de pays très considérable, et qu'ils l'appliquaient aux montagnes de l'Albigeois, du bas Rouergue, du bas Gévaudan et du bas Vivarais. Mais de nos jours, cette dénomination assez vague de *Cévennes* se donne à une portion de pays beaucoup plus restreinte; elle semble réservée à indiquer d'une manière plus spéciale les montagnes qui s'étendent principalement sur la partie occidentale du département du Gard, et sur les parties limitrophes des départements de l'Ardèche, de la Lozère, de l'Hérault et de l'Aveyron. De sorte que le pays compris aujourd'hui sous ce nom peut être assez bien circonscrit, au N.-O., par une ligne brisée partant de Lodève (Hérault), passant par Nant (Aveyron), par Florac et Villefort (Lozère); tandis qu'au S.-E. cette limite serait à son tour assez bien tracée par une autre ligne à peu près droite, tirée de Lodève à l'Argentière (Ardèche), et passant par Ganges, Quillac, Anduze, Alais et Saint-Ambroix.

Terrain ancien. — Le terrain ancien des Cévennes est composé en grande partie par des schistes talqueux ou cristallins, au milieu desquels on observe de grandes masses granitiques, des filons de porphyre, et d'une roche nouvelle encore peu connue, désignée sous le nom de Fraidronite.

Terrain talqueux. — On remarque que les schistes anciens, le plus ordinairement talqueux dans la partie supérieure, se chargent dans le bas, notamment au contact des masses granitiques ou des filons métallifères, de nombreux filets de quartz et de feldspath, et passent ainsi au gneiss. D'autres fois, ces schistes, au contact du granite, éprouvent une simple altération dans leur couleur et dans leur ténacité; ils deviennent très durs, souvent blanchâtres, et

contiennent quelquefois de petits cristaux d'une substance assez semblable à la macle. Le mica est fort rare dans le terrain talqueux des Cévennes, et nous ferons remarquer que le schiste n'y passe jamais au micaschiste proprement dit.

Calcaire hypogène ou métamorphique.— Le terrain schisteux ancien contient, notamment dans la vallée du Vigan et dans celle de Valleraugues, des couches calcaires subordonnées, qui dans certains points offrent une très grande épaisseur; et l'on observe que ces assises calcaires sont distribuées à diverses hauteurs dans la masse schisteuse.

Dans la vallée de Valleraugues, un peu au-dessous du sommet de l'Aigual, à l'Hort-de-Dieu, et tout-à-fait au pied de cette montagne, aux fours à chaux de Malet, il existe des bandes calcaires d'environ 50 mètres de puissance, et qui sont recouvertes par une épaisseur de plus de 7 à 800 mètres de schiste talqueux.

Dans la vallée du Vigan, ce calcaire se trouve également intercalé dans le schiste, comme à Montdardier, Alzon, Espériers et au pont de l'Hérault. D'autres fois il lui est superposé; mais il se lie toujours avec lui, au point de contact, d'une manière intime. Nous citerons comme exemple de calcaires évidemment superposés aux schistes ceux sur lesquels le Vigan se trouve bâti, et ceux que l'on observe au sud de cette ville dans les communes de Pommiers, de Roquedur et de Saint-Bresson.

Nous ferons remarquer que les caractères minéralogiques de ces calcaires sont très variable; ils sont le plus ordinairement compactes et très durs, d'un gris bleuâtre, quelquefois blanchâtres et cristallins; souvent aussi ils sont jaunâtres et dolomitiques, comme à Pommiers et à Coularou près le Vigan.

J'ai hésité longtemps sur la véritable classification géognostique de ces calcaires, dans lesquels j'ai cherché vainement des débris organiques; mais leur liaison intime avec les schistes talqueux, dont ils partagent tous les accidents de stratification, nous fait penser aujourd'hui qu'on doit les considérer comme faisant partie du même groupe géognostique. Cette roche correspondrait donc au calcaire appelé vulgairement *primitif* et désigné par M. Lyell sous le nom de calcaire *hypogène* ou *métamorphique*.

Le terrain talqueux, tel que nous venons de le décrire, paraît avoir une puissance très considérable, et nous pensons qu'on peut lui assigner 3 ou 4000 mètres au moins d'épaisseur.

Ce terrain renferme plusieurs filons d'antimoine sulfuré, qui se dirigent généralement de l'E. à l'O. Ils forment des gîtes assez importants, exploités au Collet-de-Dèze (Lozère), à Malbos dans l'Ar-

dèche , et dans le Gard à Bordezac , à Cessous près Portes , à Courcoulouse près Saint-Florent , à Loubemorte , commune de Saint-Paul-Lacoste , et près du hameau de Falguière , dans la commune de Saint-Jean-du-Gard.

C'est aussi dans ce terrain qu'existent, dans la Lozère , les filons de plomb sulfuré argentifère des mines de Vialas , et les beaux filons de cuivre sulfuré des Combelles près Saint-Sauveur-des-Pourcils et du Fraissinet près Villefort.

Terrain granitique.— Le terrain granitique compose le noyau intérieur de la chaîne des Cévennes : il y apparaît au jour sur trois points principaux , constituant des massifs isolés , assez réguliers , de forme allongée , placés parallèlement , et espacés de manière à laisser entre eux une distance de 25 à 30 kilomètres.

Le massif granitique le plus septentrional est situé dans le département de l'Ardèche , où il forme la chaîne du Tanargue. Le second massif , ou celui du centre , constitue la montagne de la Lozère , qui a environ 24 kilomètres de longueur , et qui s'étend de Saint-Étienne-de-Valdonès , au S.-E. de Mende , jusqu'auprès de Génolhac dans le département du Gard. Le point le plus culminant de ce massif granitique , dit le Crucinas , atteint une altitude de 1718 mètres. Enfin le troisième massif , qui est placé au midi des deux autres et que nous désignerons sous le nom de massif méridional , est situé presque en entier dans le département du Gard. Il est formé par les crêtes des montagnes du Saint-Guiral , du Lengas , du Lirou et de Brion , et s'étend des limites de l'Aveyron , près de Saint-Jean-du-Bruel , jusqu'à Saint-Jean-du-Gard , sur une longueur de plus de 40 kilomètres ; sa largeur moyenne en a de 8 à 10 , et il comprend 33,917 hectares de superficie. Sa plus grande altitude est , à la montagne de l'Aigual , de 1568 mètres.

Ces trois masses granitiques sont de forme allongée et disposées à peu près parallèlement à leur grand axe ; elles sont alignées de l'E. à l'O. , ou mieux encore N. 80° E. , coupant obliquement la direction générale de la chaîne des Cévennes qui court N. 40° E. ; de telle sorte qu'il est à supposer que l'apparition de ces trois massifs est de beaucoup antérieure au soulèvement qui est venu redresser plus tard les terrains jurassiques placés sur le versant occidental et oriental de cette chaîne de montagnes.

Ces masses de granite sont très remarquables ; elles percent le terrain talqueux qui les entoure de toutes parts , et dont on voit les couches se relever sur leurs flancs. Le granite des Cévennes présente tous les caractères d'une roche d'éruption. Il est composé

Notice sur la constitution géologique supérieure
ou Cévennique du Département du Gard,
par M. Emilien Dumas.

Echelle des Longueurs.



Les Chiffres indiquent les altitudes ou hauteurs au-dessus du niveau de la Mer.

ORD

Fig. 5



Fig. 2 : Coupe de la partie méridionale du Bassin houiller d'Mais.



S. E.



Fig. 4

S.S.E.

d'un mélange intime de feldspath blanc-jaunâtre, lamellaire et grenu, de quartz gris amorphe et de mica noir. Il contient de gros cristaux de feldspath disséminés dans la masse, qui lui donnent un aspect porphyroïde. Il est très altérable, et son feldspath est souvent passé à l'état de kaolin. Au point de contact du schiste talqueux et du granite, on n'observe jamais de passages insensibles entre ces deux roches; elles sont toujours très distinctes l'une de l'autre, et l'on peut même voir quelquefois que le granite enveloppe des fragments de schistes talqueux plus ou moins volumineux, qui ont dû être arrachés lors de cette grande éruption granitique. Un autre fait, qui tend également à démontrer que le granite, au moment de son éjection, devait être à l'état pâteux, s'observe sur la montagne de l'Aigual : là, cette roche paraît avoir pour ainsi dire coulé sur les couches schisteuses qu'elle recouvre en partie, et qui sont fortement redressées, plongeant au N. sous un angle d'environ 60°. La coupe pl. VII (fig. 1) donnera une idée exacte de cette disposition.

Sur le massif granitique du Mont-Lozère, au N.-O. de Génolhac, près le roc Malpertus, où est situé un des signaux qui ont servi à la grande triangulation de la nouvelle carte du royaume, on observe que le soulèvement granitique a porté une langue très étroite de schiste talqueux à une très grande élévation. Cette bande schisteuse forme sur ce plateau entièrement granitique trois sommets remarquables : les deux premières, c'est-à-dire celles qui sont le plus rapprochées du signal, ont une altitude de 1621 et de 1594 mètres; elles sont connues sous le nom de la *Tête-de-Bœuf*, et la troisième, qui s'élève seulement à 1576 mètres, est désignée sous le nom de *Bois-des-Armes*.

Il résulte de toutes ces observations que le granite porphyroïde paraît avoir été éjecté à l'état pâteux, et qu'il n'est arrivé au jour que postérieurement au dépôt de schiste talqueux, dont il a plissé, soulevé et brisé les couches, au moment de son apparition. C'est probablement aussi à cette même époque et sous l'influence de cette roche ignée, qu'on doit rapporter les phénomènes métamorphiques qui sont venus altérer les calcaires et les schistes primordiaux, et leur donner l'aspect sous lequel ces roches se présentent aujourd'hui.

Pour compléter la description du terrain granitique des Cévennes, nous dirons que cette roche éruptive contient très fréquemment des filons ou plutôt des amas subordonnés de pegmatite, roche qui passe sur un grand nombre de points au leptynite (*Weisstein* des Allemands), par le simple effet d'une diminution

d'un mélange intime de feldspath blanc-jaunâtre, lamellaire et grenu, de quartz gris amorphe et de mica noir. Il contient de gros cristaux de feldspath disséminés dans la masse, qui lui donnent un aspect porphyroïde. Il est très altérable, et son feldspath est souvent passé à l'état de kaolin. Au point de contact du schiste talqueux et du granite, on n'observe jamais de passages insensibles entre ces deux roches; elles sont toujours très distinctes l'une de l'autre, et l'on peut même voir quelquefois que le granite enveloppe des fragments de schistes talqueux plus ou moins volumineux, qui ont dû être arrachés lors de cette grande éruption granitique. Un autre fait, qui tend également à démontrer que le granite, au moment de son éjection, devait être à l'état pâteux, s'observe sur la montagne de l'Aigual : là, cette roche paraît avoir pour ainsi dire coulé sur les couches schisteuses qu'elle recouvre en partie, et qui sont fortement redressées, plongeant au N. sous un angle d'environ 60°. La coupe pl. VII (fig. 4) donnera une idée exacte de cette disposition.

Sur le massif granitique du Mont-Lozère, au N.-O. de Génolhac, près le roc Malpertus, où est situé un des signaux qui ont servi à la grande triangulation de la nouvelle carte du royaume, on observe que le soulèvement granitique a porté une langue très étroite de schiste talqueux à une très grande élévation. Cette bande schisteuse forme sur ce plateau entièrement granitique trois sommets remarquables : les deux premières, c'est-à-dire celles qui sont le plus rapprochées du signal, ont une altitude de 1621 et de 1594 mètres; elles sont connues sous le nom de la *Tête-de-Bœuf*, et la troisième, qui s'élève seulement à 1576 mètres, est désignée sous le nom de *Bois-des-Armes*.

Il résulte de toutes ces observations que le granite porphyroïde paraît avoir été éjecté à l'état pâteux, et qu'il n'est arrivé au jour que postérieurement au dépôt de schiste talqueux, dont il a plissé, soulevé et brisé les couches, au moment de son apparition. C'est probablement aussi à cette même époque et sous l'influence de cette roche ignée, qu'on doit rapporter les phénomènes métamorphiques qui sont venus altérer les calcaires et les schistes primordiaux, et leur donner l'aspect sous lequel ces roches se présentent aujourd'hui.

Pour compléter la description du terrain granitique des Cévennes, nous dirons que cette roche éruptive contient très fréquemment des filons ou plutôt des amas subordonnés de pegmatite, roche qui passe sur un grand nombre de points au leptynite (*Weisstein* des Allemands), par le simple effet d'une diminution

dans la grosseur de ses éléments constitutifs. A Saint-Jean-du-Gard, nous avons observé une assez grande masse de pegmatite décomposée, réduite à l'état de kaolin. La pegmatite et le leptynite contiennent souvent, comme substances minérales disséminées, du cuivre pyreux et des cristaux d'amphibole, ainsi qu'on peut le voir aux environs de Lasalle et de Saint-Jean-du-Gard.

Porphyre granitoïde. — C'est encore à la même éruption granitique que nous rapportons les filons de porphyre granitoïde, qu'on observe sur quelques points des Cévennes, injectés dans le terrain talqueux, notamment dans la vallée du Vigan, entre cette ville et la commune de Mandagout, et près d'Alais, du côté de Soustelle, de Periès, de Malataverne et du château de Sauvage. Nous nous sommes assuré que ces filons porphyroïdes se liaient toujours, dans leur partie inférieure, avec les masses granitiques; que ce porphyre n'était réellement que du vrai granite injecté sous forme de veines ou petits filons, qui, se trouvant refroidi dans des circonstances particulières, offrait un aspect minéralogique différent. Le grain de ce granite est en général plus fin que celui de la masse d'où ces filons émanent, et l'on observe que ces veines sont souvent dépourvues de mica. Dans certaines variétés le quartz et les cristaux de feldspath disparaissent, et le filon n'est alors composé que de feldspath compacte, et quelquefois granulaire. Dans quelques filons le mode de refroidissement paraît avoir surtout influé d'une manière particulière sur la cristallisation du feldspath et du quartz; la première de ces substances s'y présente ordinairement sous la forme de prismes obliques, plus ou moins surchargés de facettes à leur sommet, et la seconde sous l'aspect de petits dodécaèdres bipyramidaux, formes cristallines que nous n'avons jamais rencontrées dans le granite porphyroïde proprement dit, dont les cristaux de feldspath se rapportent toujours à la variété hémitrope, et où le quartz présente en général une cristallisation confuse.

Fraidronite. — Nous dirons aussi quelques mots d'une roche, encore peu connue, qui paraît particulière aux montagnes des Cévennes, où elle est très abondante: c'est le afraidronite, roche éruptive assez semblable au trapp, mais qui s'en distingue par l'absence du pyroxène et de l'amphibole. L'apparition de cette roche a eu lieu postérieurement à celle du terrain granitique, puisque les filons qu'elle forme pénètrent indistinctement dans le granite et dans le schiste talqueux. Ne l'ayant jamais vue injectée dans des terrains plus récents, nous pensons qu'on peut d'une manière assez vraisemblable fixer son apparition à une époque antérieure à la période houillère. J'ai étudié avec soin la direction d'un grand

nombre de filons de fraidronite, et j'ai reconnu qu'ils se dirigeaient presque tous le plus ordinairement du N. au S., ou du N. 23° E. au S. 23° O. (1).

Calcaire éruptif. — Enfin, pour terminer cette description des terrains anciens des Cévennes, nous signalerons un fait géologique qui nous paraît trop intéressant pour le passer sous silence : c'est l'existence d'un *calcaire éruptif*, formant de véritables filons au milieu du terrain granitique.

Ce calcaire ordinairement magnésien est d'un beau blanc, à structure cristalline, et nous ferons remarquer qu'indépendamment de son gisement, ce qui doit encore conduire à le considérer comme ayant une origine ignée, c'est sa fréquente association avec des substances minérales qui ont évidemment elles-mêmes une origine plutonique incontestable. C'est ainsi que dans le grand filon de calcaire éruptif qui s'étend de Fons à Cabrillac (Lozère), sur une longueur d'environ 2 kilomètres, nous avons rencontré du quartz, de la blende, du plomb sulfuré et carbonaté.

Dans le Vallat de *Rieufrais*, près Cabrillac, nous avons observé que ce même filon présentait la particularité remarquable d'offrir, dans sa partie supérieure, une véritable stratification distincte et régulière, comme si le calcaire, en se sublimant dans cette fissure granitique, y avait formé de haut en bas une série de couches successives, à peu près semblables à celles d'un dépôt qui se serait opéré par la voie neptunienne. Et certes, l'on ne peut pas supposer ici que ce filon ait été rempli par la partie supérieure, puisque sa crête est encore recouverte par le granite, et qu'il n'a été mis à nu que par les torrents qui, descendant des montagnes de l'Aigual, sont venus creuser dans cette roche décomposée les ravins dans lesquels on le voit à découvert. Je rappellerai à ce sujet qu'un exemple semblable de stratification s'observe dans le filon de quartz aurifère de La Gardette, phénomène que la Société géologique a

(1) Le fraidronite a été retrouvé par M. Viquesnel dans les environs de Vichy. Depuis la session d'Alais, nous avons constaté son existence près de la Chaise-Dieu, dans un granite porphyroïde exactement semblable à celui qui forme les trois massifs décrits par M. Dumas. Ce granite nous a paru former une chaîne continue, au moins de la Bastide, entre Villefort et Langogne, jusqu'à Vichy, en suivant la direction qui reliait les trois masses observées par M. Dumas. Entre la Chaise-Dieu et Arlene, il a soulevé le gneiss. Après avoir coupé cette chaîne près d'Ambert, on en coupe une seconde à St-Amand, de granite à petit grain, qui se perd sous les terrains tertiaires de la Limagne.

(Note de M. de Roys.)

été à même de constater lors de la session tenue à Grenoble en 1840.

Ces filons de calcaire éruptif sont presque verticaux, et ils offrent une épaisseur variable de 2 à 40 mètres; leur direction oscille entre le N. 62° E., et le N. 98° E.

J'ai désigné cette roche, sur la légende de la carte géologique du Gard, sous le nom de *calcaire cristallin*; les filons qu'elle forme sont peu répandus, et indépendamment de celui que nous avons signalé dans le département de la Lozère, nous n'en avons rencontré que cinq ou six autres, qui se trouvent dans l'arrondissement du Vigan, sur le territoire des communes de Mandagout, de Valleraugues, de Saint-Martial et de Saint-André-de-Majencoules.

TERRAIN HOUILLER. — Le terrain houiller se montre à découvert sur le versant oriental de la chaîne des Cévennes, où il forme une succession de bassins plus ou moins considérables. On observe que ce dépôt s'est opéré dans les dépressions du terrain talqueux, déjà disloqué par l'effet des soulèvements antérieurs; de telle sorte que la formation houillère repose sur ce terrain, en stratification discordante et presque toujours transgressive.

Dans le département du Gard, le terrain houiller se divise naturellement en deux bassins, formant des groupes distincts et séparés: le *bassin du Vigan* et le *bassin d'Alais*.

Bassin du Vigan. — Le bassin du Vigan est peu important; il consiste principalement en deux lambeaux de terrain houiller. Le premier, situé dans la plaine de Cavaillac, près le Vigan, renferme seulement deux couches de combustible; sa surface est d'environ un kilomètre carré.

Le second point houiller est encore plus restreint; il existe dans la commune de Sumène, au hameau de Sounalou, et ne contient qu'une seule couche de houille.

Ces deux dépôts reposent en partie sur le schiste talqueux et en partie sur le calcaire hypogène qui lui est subordonné, et ils sont recouverts par le trias en stratification légèrement discordante. Nous ne nous étendrons pas davantage sur la description du bassin du Vigan, et nous passerons immédiatement à celle du bassin d'Alais, qui présente un beaucoup plus grand intérêt.

Bassin d'Alais. — Entre la ville d'Alais et celle des Vans (Ardèche), le terrain houiller affleure au jour sur une longueur de 28 à 30 kilomètres et sur une largeur de 13 kilomètres environ, entre la commune de Sainte-Cécile d'Andorge et celle de Saint-Ambroix. L'ensemble de ce bassin offre la forme d'un vaste qua-

drilatère assez régulier, qui peut être compris dans une série de lignes brisées partant d'Alais et passant par Saint-Ambroix, les Vans, Chamborigaud, Sainte-Cécile-d'Andorge, Saint-Jean-du-Pin et Alais, point de départ.

Mais sur toute cette superficie, le terrain houiller est loin d'être partout à découvert; il ne se montre que sur quelques points formant autant de bassins plus ou moins étendus, distincts et nettement séparés les uns des autres.

Quelques uns de ces bassins ne sont que de véritables lambeaux de terrain houiller, isolés, reposant sur le terrain talqueux qui les entoure de toutes parts; tels sont :

	kil.
1° Le bassin d'Olympie. surface	0,564
2° Celui entre Bellepoële et le Vern (commune de Chamborigaud) —	0,0125
3° Celui du Vern (<i>idem.</i>) —	0,225
4° Celui de Tarabias (commune de Chambon) —	0,007

D'autres reposent sur le terrain talqueux, et sont recouverts, d'un côté seulement, par des formations plus modernes, le trias et le terrain jurassique. Ce sont :

	kil.
1° Le grand bassin du Gardon et de la Cèze. surface	77,46075
2° Le bassin du Mas-Dieu —	0,5054
3° — de Malataverne. —	4,0825
4° — de St-Jean-du-Pin. —	0,340
5° — du vallon de la Coste, près Bordezac. —	0,01

D'autres enfin sortent au jour au milieu des terrains triasiques et jurassiques, et quelquefois même au contact des terrains tertiaires; tels sont :

	kil.
1° Le bassin de Rochebelle, Cendras et St-Martin. surface	4,905
2° — de St-Jean-de-Valeriscle —	2,072
3° — des Brousses et Molières —	0,945
4° — de St-Paul-le-Jeune (vallon de Champvalz, Ardèche). —	0,012
5° — } les deux points houillers du vallon {	0,01
6° — } de Mont-Gros (Ardèche). . . {	0,0002
7° — du vallon de Lacombe, près Banne (Ardèche). —	0,09
8° — le petit point houiller de la Côte-de-Long, près Bordezac. —	0,0004

Ainsi, il y aurait en tout, dans le bassin d'Alais, dix-sept points grands ou petits où le terrain houiller serait à découvert; ce qui constituerait autant de bassins partiels plus ou moins considérables, mais faisant tous partie de la même formation houillère de la contrée.

De tous ces divers bassins le plus important est celui qui s'étend du Gardon d'Alais jusqu'au-delà des limites du département du Gard, et qui se termine dans celui de l'Ardèche, sur le territoire des communes de Banne et Bralic, à 3 kilomètres au S. de la ville des Vans. Le terrain houiller y est à découvert du N. au S. sur une longueur de 20 kilomètres et sur 8 de largeur moyenne. La surface totale de ce bassin est 7,746 hectares. On voit qu'il est très étendu, et qu'à lui seul il représente les neuf dixièmes de la partie visible du terrain houiller d'Alais; aussi est-ce là que réside la principale richesse minérale, tous les autres bassins, à l'exception de ceux de Rochebelle et de Saint-Jean-de-Valeriscle, où il existe des exploitations régulières et importantes, n'étant pour ainsi dire que des témoins attestant la présence du terrain houiller caché sous le terrain secondaire.

Ce bassin est coupé transversalement du N.-N.-O. au S.-S.-E. par une bande de schiste talqueux, qui se rattache du côté de Pierremale au terrain ancien des Cévennes, et qui s'avance au S.-S.-E. sous forme de presqu'île ou promontoire élevé. Cette arête schisteuse est très remarquable; elle a 10 kilomètres de long sur 2 de largeur moyenne, et forme une saillie élevée qui domine de tous côtés la formation houillère. Le point le plus avancé au S.-S.-E. de cette chaîne atteint une altitude de 698 mètres; on la désigne sous le nom de Rouergue.

Il résulte de cette disposition particulière que ce bassin se trouve subdivisé en deux parties distinctes: nous désignerons celle du S. sous le nom de *bassin méridional* ou *du Gardon*, et celle du N. sous celui de *bassin septentrional* ou *de la Cèze*. Mais nous ferons observer que cette séparation n'est pas complète, et que ces deux bassins sont réellement liés entre eux, du côté du hameau de Mercoiral, par une bande de terrain houiller de 3 à 400 mètres de large, qui affleure au jour et qui contourne l'extrémité de la presqu'île de terrain ancien dont nous venons de parler.

Puissance, division et nature du terrain houiller. — Le terrain houiller du bassin d'Alais a une puissance très considérable, qui peut être évaluée à 1,000 mètres environ. Il se divise en trois systèmes, distincts par la nature des roches qui les constituent, par le nombre, la puissance et la qualité des couches de com-

bustible, comme aussi par les espèces de végétaux fossiles qu'on y rencontre. Mais nous ferons observer que chacun de ces systèmes se subdivise naturellement en deux étages, dont l'un charbonneux et l'autre stérile; de sorte qu'il en résulte que la totalité du terrain houiller se trouve composée d'une succession d'étages charbonneux et d'étages stériles, alternant ensemble et de manière que la série commence dans le bas par un étage non charbonneux.

Le tableau suivant donne une idée de cette disposition et fait connaître la puissance de ces divers étages, leur composition, le nombre des couches de houille, et la position des divers centres d'exploitations qui se trouvent situés dans ce bassin.

Coupe théorique du bassin houiller d'Alais.

DIVISION EN SYSTÈMES		COMPOSITION.	NOMBRE ET PUISSANCE DES COUCHES DE HOUILLE.	LOCALITÉS OU CENTRES D'EXPLOITATION.	PUISSANCE DES ÉTAGES.		SYSTÈMES.
ÉTAGES.							
Système supérieur.	Supérieur ou charbonneux.	Grès fin micacé et schiste gris-verdâtre. Point de sidérose.	5 couches donnant une épaisseur de 4m,25 de combustible.	Mazel, commune de Banne, Ardèche. — Couches au-dessus de Boniol, vis-à-vis les Salles de Gagières. — Bassin des Brousses et Molières. Étage inconnu dans le bassin méridional.	70 mèl.	300 mèl.	
	Inférieur ou stérile.	Schiste gris-verdâtre, se délitant facilement en feuillets excessivement minces, avec couches subordonnées de grès fin micacé, peu consistant, se décomposant à l'air en masses sphéroïdales.	Entièrement stérile.	Étage inconnu dans le bassin méridional. — Il s'observe, entre Bessège et le Mazel, sur tout le pourtour oriental du bassin de la Cèze. — Bassin des Brousses et Molières.	250		
Système moyen.	Supérieur ou charbonneux.	Partie supérieure, grès micacé à petits grains; partie inférieure, grès à gros grains de quartz. Sidérose dans la partie inférieure seulement.	14 couches donnant une épaisseur de 22m,00 de combustible.	Grand'Combe et Champelauson. — Couches supérieures de Bessège et de l'alle, au-dessus de la couche Ste-Elide inclusivement. — Bassin de St-Jean de Valeriscle. — Couches de Rochebelle. Cen Iras et St-Martin.	200	550	
	Inférieur ou stérile.	Grès fin d'un blanc jaunâtre, très compacte et donnant de belles pierres de taille. Schiste plus ou moins bitumineux.	A peu près stérile, 4 ou 5 couches, dont celle de St-André, à Bessège, et la couche inférieure de Champelauson, sont seules exploitables.	Partie moyenne de la montagne de Champelauson, comprise entre la grande couche de Levade. — Partie moyenne de la montagne de Bessège, entre les couches Ste-Elide et St-Christophe exclusivement.	150		
Système inférieur.	Supérieur ou charbonneux.	Grès à grains moyens, quartzeux et feldspathiques, contenant quelquefois des fragments de schiste talqueux et de quartz hyalin. Sidérose en couches ou en rognons.	6 couches donnant une épaisseur de 20m,00 de combustible.	Exploitation de la Levade et de la Trouche, correspondant à celle de la Grand'Banne et de la forêt d'Abylon. — Couches inférieures de Bessège, au-dessous de la couche St-Christophe. — Couches de la concession de Sallefermose, exploitées dans le vallat de Combe-Longue; celles de Puèdes et des mines de Pigère.	80	550	
	Inférieur ou stérile.	Conglomérat aurifère, entièrement composé de fragments de schiste talqueux et de cailloux de quartz blanc, reliés par un ciment argileux d'un jaune rougeâtre. Sidérose en rognons.	A peu près stérile; on y observe 2 ou 5 petites couches de houille anthraciteuse.	Tout le pourtour occidental du bassin méridional et septentrional. — Bassin d'Olympe, de Malataverne, du Vern et de Tarabias.	220		
Total des couches de houille comprises dans les étages charbonneux, 25 donnant une épaisseur totale de combustible de			46m,25	Puissance totale du bassin.		1000	

1^o SYSTÈME INFÉRIEUR. — *Étage inférieur.* — L'étage inférieur, qui constitue la base du terrain houiller, est composé d'un poudingue ou conglomérat à gros éléments, formant des bancs épais confusément stratifiés, et séparés de temps en temps par des schistes gris foncés, contenant des rognons de sidérose. Ce poudingue est formé de fragments anguleux de schistes talqueux, qui se croisent en tous sens, et de cailloux de quartz blanc provenant du même terrain, liés par un ciment argileux d'un jaune rougeâtre. Ces fragments, dans les assises inférieures, sont souvent beaucoup plus gros que la tête; mais on observe que leur dimension va généralement en diminuant, à mesure qu'on s'élève vers les assises supérieures; ils n'ont jamais leurs angles très arrondis, ce qui dénote une origine peu éloignée, et l'on peut dire que l'étage inférieur du terrain houiller est en quelque sorte composé des débris du vase qui le contient.

Cet étage inférieur règne sans exception sur toute la lisière occidentale du bassin houiller d'Alais, au contact des roches primitives; il forme aussi les petits îlots d'Olympie, du Vern et de Tarabias. Sa puissance dans le bassin de la Cèze peut être évaluée; sans exagération, à 300 mètres environ; mais du côté de Portes et de la Levade, dans le bassin méridional, cette épaisseur serait un peu moins considérable.

Cet étage est essentiellement stérile sous le rapport du combustible; la houille ne s'y montre qu'à l'état d'anthracite, en rognons ou en couches excessivement minces (l'Hôpital près Bordezac, et Martrimas, Ardèche), à l'exception de la couche exploitée dans la concession d'Olympie, qui a presque 1 mètre d'épaisseur.

C'est à la base de cet étage qu'on rencontre aux Drouillèdes, près Bessège, à Gournier, à Abaud et sous Sallefermouze (Ardèche), plusieurs couches d'un schiste rouge, ferrugineux, argilo-talqueux. Des essais faits à l'usine de Bessège lui ont reconnu une richesse en fer de 9 à 12 p. 100; la fonte en est grise et très douce.

Nous signalerons aussi le conglomérat inférieur du terrain houiller, comme étant le gîte principal des paillettes d'or que roulent le Gardon d'Alais, la Cèze et surtout la rivière de Gagnières. On sait que depuis longtemps les orpailleurs se livrent à la recherche de cette précieuse substance en lavant les sables de ces trois rivières; mais on ignorait quel était le gisement primitif de ce métal. Nous nous sommes assuré par des lavages faits sur les lieux, notamment à la montagne des Chamades, sous le village de Malbos (Ardèche), que le conglomérat houiller est lui-même très aurifère, et que c'est là le véritable point de départ des pail-

lettes d'or. Et en effet, les personnes qui exercent l'industrie d'orpailleur affirment que le Gardon d'Alais n'est plus aurifère au-dessus de la Levade, la Cèze au-dessus des Drouillèdes, et que Gagnières cesse également de l'être au-dessus du village de Malbos; ce qui est très vrai, puisque la formation houillère s'arrête à ces divers points, et qu'en amont de ces trois localités les cours d'eau que nous venons d'indiquer ne roulent plus que sur le terrain talqueux.

Étage supérieur. — La partie supérieure du système inférieur est très charbonneuse. C'est dans cet étage que sont ouverts, dans le bassin méridional, les centres d'exploitation si importants de la Levade et de la Grand'Baume, où l'on observe six couches de houille donnant une épaisseur moyenne d'environ 17 mètres. — Les six couches ont reçu des noms différents dans ces deux mines, parce qu'elles montrent des variations assez notables dans leur épaisseur, circonstance qui n'a pas permis de reconnaître leur identité. — Le tableau suivant indique le rapport qui existe entre ces couches, et fait connaître les différences de puissance qu'elles éprouvent, ainsi que celles des grès et des schistes qui les séparent.

*Tableau de l'étage supérieur ou charbonneux du système inférieur
dans le bassin méridional ou du Gardon.*

EXPLOITATION DE LA LEVADE ET DE LA TROUCHE.		EXPLOITATION DE LA GRAND'BAUME ET DE LA FORÊT D'ABYLO	
La Minette.	mètre.	Couche inexploitée	m.
Houille.	0,50	Houille.	2,40
Grès ou schiste	15,00	Grès ou schiste.	20,
Les Cinq-Pans.		Couche inexploitée	
Houille.	1,75	Houille	0,90
Grès ou schiste.	2,00	Grès ou schiste.	20,60
Les Trois-Mâchoires.		Couche inexploitée	
Houille.	2,00	Houille	0,80
Schiste.			
Houille.			
Schiste.			
Houille.			
Grès fin et schisteux. mèt. 6,00	14,00	Grès plus ou moins schisteux. mèt. 15,00	20,00
Poudingue à noyaux de quartz et schiste 5,00		Grès dur et compacte. 2,00	
Grès micacé fin et schisteux. 5,00		Grès fin et schisteux 5,00	
Couche de la Trouche.		Grande couche d'Abylon.	
Houille sale et schisteuse. . . 0,25	1,50	Houille 0,41	3,98
Schiste compacte. . . . A . 0,06		Schiste 0,09	
Houille 0,17		Houille et schiste. 0,15	
Schiste B . 0,06		Schiste compacte. . . . A . 0,25	
Houille 0,47		Houille. 0,50	
Schiste C . 0,04		Schiste 0,03	
Houille 0,16		Houille 0,45	
Schiste D . 0,04		Schiste 0,04	
Houille 0,25		Houille 0,10	
Houille 0,25		Schiste B . 0,09	
Grès schisteux. 1,00	2,54	Houille 0,40	4,00
Houille. 0,04		Schiste 0,04	
Grès schisteux. 1,50		Houille 0,53	
Mine du Lard.		Schiste C . 0,17	1,08
Houille assez pure. 0,50		Houille 0,56	
Grès schisteux. 1,50	24,54	Schiste D . 0,07	
Houille. 0,04		Houille 0,32	
Grès micacé fin et schisteux. 25,00		Grès schisteux	
Couche de la Levade (à la mine Mourier).		Minette d'Abylon.	
Houille alternant avec schiste, inexploitée. 2,00	6,50	Houille. 0,58	1,08
Schiste. 2,00		Schiste 0,02	
Houille impure, dite cisaille. 0,40		Houille. 0,20	
Houille, assez bon coke. 0,40		Schiste 0,06	
Schiste, nerf. 0,02		Houille. 0,42	
Houille, assez bon coke. 1,20		Grès schisteux. 24,45	25,00
Schiste 0,20		Houille. 0,25	
Houille 0,10		Grès micacé schisteux très dense. 0,50	
Épaisseur totale. 70,65		Couche de la Grand'Baume (à la mine Lure).	
contenant 12m,55 de combustible.		Houille (banc supérieur). . . 2,10	11,80
		Schiste 2,00	
		Houille (1er petit banc). . . 1,00	
		Schiste 0,50	
		Houille (2e petit banc). . . 1,08	
		Schiste 0,50	
		Houille peu collante. 1,10	
		Houille très pure. . . 0,20	
		Houille peu collante. 1,20	
		Schiste 0,10	
		Houille 1,50	
		Schiste 0,50	
		Houille médiocre, inexploitée. . . 0,50	
		Épaisseur totale. 115,56?	
		contenant 20m,56 de combustible.	

Les lettres A, B, C, D indiquent les lits de schistes correspondants.

A ce même étage se rapportent probablement, dans le bassin de la Cèze, les couches inférieures des mines de Bessège et de Lalle, jusqu'à la couche Saint-Christophe inclusivement, ainsi que les plus basses couches exploitées, dans l'Ardèche, à Pigère et dans la concession de Sallefermouse (Vallat de Combe-Louge).

Voici les noms et la puissance des couches de houille de l'étage charbonneux du système inférieur, aux mines de Bessège; comme dans le bassin méridional elles sont au nombre de six.

	mètres.
Couche de houille dite St-Christophe.	4,50
Grès fin micacé et schiste.	30,00
Couche de houille dite la Minette ou St-Auguste. .	4,40
Grès fin micacé.	44 ^m ,00
Grès à grains moyens avec petits frag- ments de schiste talqueux.	4 ^m ,00
Couche de houille dite Sainte-Barbe.	4,50
Grès et schiste	20,00 ?
Couche de houille inexploitée.	2,00
Grès et schiste	20,00 ?
Couche de houille inexploitée.	4,00
Grès	20,00 ?
Couche de houille inexploitée.	» »

Épaisseur totale à Bessège et à Lalle de l'étage
charbonneux du système inférieur 112,40 ?

Quant aux rognons de sidérose ou fer carbonaté lithoïde, ils sont en général trop peu abondants pour donner lieu à des exploitations avantageuses. Cependant au S. de Portes, à Palme-Salade, il existe dans cet étage deux couches de fer carbonaté exploitées avantageusement depuis quelques années par la Compagnie des forges d'Alais. La couche supérieure consiste en schiste argileux et en filets de houille, contenant des rognons nombreux de fer carbonaté et quelques petits nids de blende; sa puissance est de 12 mètres. La seconde couche, qui est séparée de la première par une épaisseur de 30 mètres d'un poudingue à gros éléments quartzeux, a 15 mètres de puissance; comme la première, elle est formée de schistes plus ou moins pénétrés de rognons de sidérose; mais au contact du poudingue, cette couche donne 3 mètres de minéral pur.

2° SYSTÈME MOYEN. — *Étage inférieur.* — Au-dessus de l'étage précédent viennent des grès plus ou moins fins, en général d'un blanc jaunâtre, très compacts et donnant des pierres de taille assez estimées. Les bancs de schistes argileux y sont très rares, et

on n'y observe que quatre ou cinq couches de houille d'une faible épaisseur, dont celle de Saint-André à Bessège et la couche inférieure de Champclauson sont seules exploitables. Cet étage est donc presque tout aussi stérile que le conglomérat inférieur; sa puissance dans la partie méridionale du bassin atteint à la montagne de Champclauson environ 148 mètres; dans le bassin septentrional, à Bessège et à Lalle, entre les couches de Saint-Christophe et de Sainte-Ilhde, elle est de 155 mètres.

Étage supérieur. — L'étage supérieur du système moyen est très riche en couches de combustible. On y compte, dans le bassin méridional, quatorze couches de houille, qui existent principalement dans la montagne de la Grand'Combe, où elles sont presque toutes exploitées. La somme réunie de ces diverses couches donne, pour cet étage, une épaisseur de 21^m,95 de combustible.

La couche de Champclauson constitue, dans le bassin du Gardon, la base de cet étage charbonneux; elle a 4 mètres de puissance et forme sur la montagne de ce nom le centre d'une exploitation importante. Il est très probable que cette couche a sa continuation sous la montagne de la Grand'Combe, où elle est connue sous le nom de *couche sans nom*. On la voit affleurer au col Malpertus; de là elle passe dans les concessions de l'Affenadou, de Comberedonde, et se retrouve encore dans celles de Portes et Sénéchas avec les mêmes caractères.

La coupe (fig. 2) rend parfaitement compte de cette disposition; on voit que cette dénivellation a été produite par l'effet d'un grand plissement, qui a affecté dans ce point le terrain houiller. Il résulte aussi de là que les six couches reconnues aux mines de Champclauson, au-dessus de la couche de ce nom, ne sont que la continuation de celles qui s'observent à la Grand'Combe, au-dessus de la *couche sans nom*. Quant aux autres couches, qui existent au-dessus, si elles ne se retrouvent pas sur le sommet de la montagne de Champclauson, c'est qu'elles ont probablement disparu par l'effet d'une dénudation postérieure au soulèvement du terrain houiller. On a ponctué dans la coupe les parties de couches qu'on suppose avoir été enlevées.

C'est au même étage charbonneux que paraissent correspondre, dans le bassin de la Cèze, les treize ou quatorze couches exploitées ou reconnues dans les concessions de Bessège ou de Lalle, à partir de la couche Sainte-Ilhde inclusivement, jusqu'à l'étage supérieur schisteux qui recouvre dans le ruisseau du Castellas la dernière couche de Lalle.

Dans le N. du bassin de la Cèze, le système moyen charbonneux

paraît manquer tout-à-coup, de sorte que l'étage stérile du système supérieur repose directement sur l'étage houiller du système inférieur. Nous ferons connaître plus tard l'explication qui a été dernièrement proposée sur cette singulière anomalie.

Voici les noms et les puissances des diverses couches qui existent dans les trois centres d'exploitation que nous avons indiqués, ainsi que la correspondance qu'on peut supposer entre elles, dans l'état de nos connaissances sur le bassin houiller d'Alais.

Tableau de l'étage supérieur ou charbonneux du système moyen.

BASSIN MÉRIDIONAL OU DU GARDON.		BASSIN SEPTENTRIONAL OU DE LA CÈZE.
CHAMPCLAUSON.	GRAND'COMBE.	BESSÈGE ET LALLE.
Partie dénudée de la montagne de Champclauson.	Grès et schiste. 25,00	Ces couches n'ont été reconnues que par leurs affleurements dans la concession de Lalle.
	Couche de houille inex- ploitée. 0,80	
	Grès et schiste 15,00	
	Couche St-Barbe. 2,00	
	Grès schisteux. 20,00	
	Les 2 couches des Bosquets. 5,80	
	Grès compacte 22,00	
	Couche du Plomb. 1,40	
	Grès compacte. . . 10,00 Grès très schisteux. 5,00 } 15,00	
	Couche Portail supérieur. 1,40	
	Grès schisteux. 3,00	
	Couche Portail inférieur. 1,25	
Grès et schiste. »	Grès très schisteux, mi- cacé. 6,00	m. Grès. 20,00
Affleurement de houille. : »	Couche de la Minette. . . 0,50	
Grès et schiste. »	Grès schisteux grisâtre très micacé. 12,00	
Affleurement de houille. . »	Couche de la Baraque. . . 1,20	
Grès et schiste »	Schiste 0,80 Grès compacte gris et fin (quartz et micà). 18,00 Grès schisteux. . 1,50 } 20,50	
	Couche du Velours 2,00	
	Grès schisteux. . . 4,50 Grès fin. 1,50 } 6,00	
Affleurement de houille. . »	Couche Cantelade. 0,70	Couche de houille inex- ploitée 1,00
Grès et schiste »	Grès schisteux. 8,00	Grès à gros éléments quart- zeux. 15,00
Affleurement de houille. . »	Couche de l'Airolle. . . . 1,20	Couche St-François. 2,00
Grès et schiste. 25,00	Grès. 20,00	Grès. 20,00
Couche de houille inex- ploitée 0,50	Couche du Pin. 1,70	Couche de houille inex- ploitée 0,80
Grès et schiste 20,00	Grès. 10,00 Schiste avec sidé- rose. 10,00 } 20,00	Grès à grains moyens. . . 20,00
Couche de Champclauson. 4,00	Couche sans nom, inex- ploitée. de 3 à 4,00	Couche de houille inex- ploitée 1,00
	Épaisseur totale. 216,25 contenant 21m,95 de combustible.	Schiste gris très dur. . . . 40,00
		Couche St-Illide. 2,00

Quant aux grès de cet étage, nous ferons observer qu'à la base ils sont en général assez grossiers, et que certaines assises contiennent des cailloux de quartz, souvent assez gros (Champclauson et au-dessus de la couche Saint-François, à Bessège); mais ils deviennent beaucoup plus fins vers la partie supérieure; à la Grand'Combe ils sont schisteux et très minces.

3° SYSTÈME SUPÉRIEUR. — *Étage inférieur.* — Au-dessus du système moyen on observe un étage composé de schiste gris-verdâtre, pâle, micacé, se délitant facilement en feuillets excessivement minces. Ces schistes ne contiennent pas de couche de combustible et sont très pauvres en empreintes végétales. Les grès y sont rares; et quand on y en rencontre, ils sont fins, micacés, peu consistants et se décomposant à l'air en masses sphéroïdals, comme à la montée des Salles de Gagnières à Pierreimorte.

Cet étage schisteux stérile, inconnu, ainsi que le suivant, dans la partie méridionale du bassin, est très développé dans la partie N., où sa puissance est d'environ 200 mètres; on l'observe entre Bessège et le Mazel, sur tout le pourtour oriental de la région houillère, où il disparaît sous la formation triasique.

Étage supérieur. — Comme dans les systèmes précédents, cet étage stérile est surmonté par sa couronne charbonneuse; les cinq couches exploitées au Mazel et dans le Vallat de Lacombe (commune de Banne, Ardèche) appartiennent à cet étage, ainsi que les couches anciennement exploitées au contact du trias, en face du village des Salles, au-dessus du hameau de Boniol, sur la rive droite de la rivière de Gagnières. Il en est de même du petit bassin des Brousses-et-Molières, situé à l'O. de Saint-Ambroix, et peut-être aussi des couches supérieures du bassin de Saint-Jean-de-Valeriscle.

Nous donnons ci-dessous la coupe de cet étage charbonneux, prise à l'exploitation du Mazel :

	mètres.
5. Couche de houille inexploitable.	0,25
Schiste	5,00
4. Couche de houille dite <i>mine de la Paro.</i> . .	4,25
Grès	22,00
3. Couche de houille dite <i>la Minette.</i>	4,20
Grès	44,00
2. Couche de houille inexploitable.	0,25
Schiste	24,40
1. Couche de houille dite <i>la Grand'couche.</i> . .	4,30
Épaisseur totale au Mazel de l'étage charbonneux du système supérieur.	66,65

On voit que ces cinq couches de houille, dont la seconde et la supérieure sont inexploitables, ne donnent qu'une épaisseur de 4 mètres 25 cent. de combustible.

Nous ferons remarquer que l'étage charbonneux supérieur n'est point continu, comme les couches des systèmes précédents. Les couches de houille du Mazel se relèvent de tous côtés et forment un petit bassin isolé de très peu d'étendue; elles ne se lient point à celles anciennement exploitées près de Boniol, ni à celles du petit bassin des Brousses-et-Molières, soit qu'elles aient été en partie enlevées par l'effet d'une dénudation antérieure au dépôt du trias qui recouvre tout ce système, soit plutôt que le comblement à peu près complet et inégal de la grande concavité dans laquelle le terrain houiller se déposait ait déterminé vers la fin de la période houillère, dans des dépressions séparées, la formation de petits dépôts partiels de combustibles non continus.

Cette solution de continuité dans les couches supérieures de combustible du terrain houiller explique comment un premier sondage de 40 mètres, exécuté en 1838 sous le hameau du Frigoulet, dans le lit de Douloby, et un second sondage pratiqué deux ans plus tard sur le petit affleurement de Saint-Paul-le-Jeune (Vallat de Champvalz), et poussé jusqu'à 53 mètres de profondeur, n'ont pu rencontrer les couches supérieures houillères. C'est que ces deux forages avaient été tentés dans l'étage schisteux stérile, que nous avons vu avoir près de 200 mètres d'épaisseur. Il en est de même de la galerie ouverte en 1845 dans le Vallat de Lacombe par les concessionnaires de Montgros, dans le but de retrouver les couches du Mazel; ces travaux doivent rester sans résultat, vu qu'ils ne pénètrent encore ici que dans l'étage inférieur non charbonneux.

Nous avons dit que le fer carbonaté lithoïde disparaissait dans les assises supérieures du système moyen; dans celui-ci, on n'en retrouve plus de traces. Aussi, l'absence ou la présence de cette substance minérale nous semble-t-elle un caractère excellent pour aider à déterminer les divers étages de la formation houillère.

Allure générale des couches, failles et plissements. — Les trois systèmes que nous venons de décrire sont placés à niveaux décroissants les uns au-dessous des autres, c'est-à-dire disposés de manière que l'étage inférieur occupe la position la plus élevée de la région houillère, et le supérieur la plus basse. Aussi le bassin houiller d'Alais, pris dans son ensemble, n'est-il, à proprement parler, qu'un immense affleurement, dont les couches, modelées sur le terrain schisteux ancien, courent dans une direc-

tion à peu près N.-S. , et plongent sous une pente moyenne et générale de 30 à 40 degrés vers l'E. , où elles disparaissent sous le terrain triasique qui les recouvre en stratification discordante.

Jusqu'à présent ce bassin a joui d'une réputation de régularité qui semble disparaître de jour en jour devant une étude plus approfondie. On y observe en effet des failles et des plissements assez nombreux qui viennent souvent interrompre cette apparente régularité et rendre la connaissance de ce bassin plus difficile qu'on ne le croit communément.

Ces accidents de dislocations ou de fractures sont de deux sortes : les premiers et les plus anciens courent à peu près du N. au S. ; les seconds et les plus modernes se dirigent environ de l'E.-S.-E. à l'O.-N.-O.

Nous avons déjà vu que , dans le vallon de la Grand'Combe , il existe un immense pli , en forme de selle , qui a rejeté vers l'E. , à un niveau très inférieur , la couche sans nom , que nous avons dit n'être autre que la continuation de la couche de Champclauson , qui appartient au système moyen.

Aux mines de Saint-Martin on observe encore un plissement remarquable courant dans le même sens , et formant une selle régulière à deux pendages , dont la partie supérieure ou le dos d'âne se trouve tronquée en partie , notamment du côté du vallon de Fontane. Cette première nature de dislocation paraît de préférence avoir affecté le système inférieur et moyen avant leur complète solidification , et semble aussi , dans certains points , avoir eu lieu antérieurement au dépôt du système houiller supérieur.

Ce plissement N.-S. nous paraît être en grande partie le résultat du soulèvement général du bassin , qui a eu lieu de manière à porter toute la lisière occidentale à un niveau infiniment plus élevé que l'orientale ; en effet , cette première bande atteint à la montagne de la Pignède-de-Portes jusqu'à une altitude de 747 mètres , tandis que celle de l'E. ne s'élève guère qu'à une altitude moyenne de 300 mètres. Il en est résulté que les couches , se trouvant naturellement arc-boutées vers l'E. , par l'effet de leur position inclinée , ont dû glisser de ce côté et se replier sur elles-mêmes au moment du soulèvement , de manière à former le grand pli qui s'observe notamment dans le centre du bassin méridional.

Enfin , dans ces derniers temps , M. Constantin Czystkowski , ingénieur garde-mine à Alais , qui a bien voulu être souvent notre compagnon de voyage , pour expliquer l'absence du système moyen charbonneux vers l'extrémité N. du bassin de la Cèze ,

suppose que le même plissement qui existe dans la vallée de la Grand'Combe se reproduit probablement encore dans la partie septentrionale du bassin ; de telle sorte que l'étage charbonneux du système moyen se trouverait encore ici , par l'effet d'une faille, rejeté à l'E. à un niveau très inférieur, où il serait recouvert par le système schisteux. Cette théorie ingénieuse nous paraîtrait en ce moment la seule propre à expliquer d'une manière naturelle la disparition subite du système moyen dans cette partie du bassin ; mais nous croyons cependant qu'elle a besoin , pour être définitivement adoptée , de se voir appuyée par de nouvelles observations.

La seconde nature de dislocation qui a affecté le terrain houiller se trouve dans une direction oblique à la première ; elle paraît être d'une époque beaucoup plus récente , évidemment postérieure au dépôt du trias et du terrain jurassique , puisque ces terrains ont été contournés et disloqués en beaucoup de points ; nous citerons comme exemple la faille du vallon de la Roncière , entre Rochelle et Cendras , qui court de l'E.-S.-E. à l'O.-N.-O. Le relèvement du terrain houiller , formant dans le lit de la rivière au Moulinet , près les Salles de Gagnières , une selle dont la direction est N. 123° E. , et la faille du Mazel , qui est au contact du terrain jurassique , et qui court à peu près dans la même direction , appartiennent également à cette même série de dislocations.

Distribution des végétaux fossiles. — Nous avons vu précédemment que chacun des trois systèmes houillers est composé de deux étages , un inférieur stérile et un supérieur charbonneux , d'où il résulte qu'il doit y avoir eu , pendant la période houillère , une espèce d'intermittence dans la production des végétaux qui ont donné naissance , par leur accumulation , aux couches de combustible , et que chacune de ces périodes de repos , représentée par les étages stériles , semble avoir , pour ainsi dire , préludé à un développement plus intense dans la végétation , et avoir servi d'intermédiaire entre l'anéantissement et l'apparition de certaines espèces végétales. En effet , l'étude comparée de la flore des diverses couches du terrain houiller d'Alais nous a démontré que ces couches pouvaient être caractérisées par la présence, l'absence ou l'extrême rareté de certaines espèces végétales , et que les trois systèmes que nous venons de décrire présentaient chacun un ensemble de végétaux particuliers.

Système inférieur. — C'est ainsi que dans le conglomérat qui sert de base au système inférieur on n'observe qu'un très petit nombre d'espèces ; à cette époque ; la végétation , à son début ,

était très peu variée; aussi les couches de combustible y sont-elles très rares, ordinairement très minces et anthraciteuses, par cette raison très peu exploitées, et par conséquent les fossiles moins bien connus. Cet étage ne nous a encore offert que quelques tiges de Sigillaires, indéterminables à cause de leur peu de conservation.

L'étage charbonneux du système inférieur est déjà très riche en fossiles; on y rencontre surtout très abondamment ces grandes tiges, qui annoncent une végétation arborescente très puissante.

Nous y avons rencontré les végétaux suivants :

Équisétacées.

Calamites cannaeformis (Ad. Brong.). Couche Abylon, bassin mérid.

Fougères.

- Neuropteris cordata* (Ad. Brong.). . . — St-Auguste à Bessège.
Pecopteris polymorpha (Ad. Brong.). — St-Auguste, Ste-Barbe et
 St-Christophe à Bessège.
 — *Grandini* (Ad. Brong.). — St-Auguste, Abylon.
 — *cyanthæa* (Ad. Brong.). — St-Auguste, Grand'Baume.
 — *arborescens* (Ad. Brong.). — St-Auguste.
 — *cristata* (Ad. Brong.). — St-Auguste.
Sigillaria (1) *tessellata*, var. Y. (Ad.
 Brong.). — Ste-Barbe.
 — *Candollini* (Ad. Brong.). — Grand'Baume.
 — *elliptica*, var. B. (Ad. Brong.). . — Ste-Barbe.
 — *reniformis* (Ad. Brong.). — Ste-Barbe.
Stygmaria. — A la Blachère, près Portès.
Syringodendron (Stern.). — Ste-Barbe.

Végétaux dont la classe est incertaine.

- Asterophyllites rigida* (Ad. Brong.). — St-Auguste, Abylon.
 Gros troncs à épiderme finement strié. — Ste-Barbe.

On trouve aussi dans cet étage de très grandes feuilles spatuli-

(1) M. Adolphe Brongniart considère aujourd'hui les *Sigillaria* et les *Stygmaria* comme constituant une famille spéciale entièrement détruite, appartenant probablement à la grande division des Dicotylédones gymnospermes, voisine des Cycadées, mais dont on ne connaît encore ni les feuilles ni les fruits. Les *Caulopteris* ou Sigillaires de la 1^{re} section de son *Histoire des végétaux fossiles* restent les seuls représentants des tiges de fougères arborescentes. (*Observations sur la structure intérieure du Sigillaria elegans*. — *Archives du Muséum d'histoire naturelle*. 1839.)

formes, striées dans le sens de leur longueur, dont M. Sternberg a fait son genre *Næggerathia*, qu'il a classé parmi les palmiers, mais qui, d'après l'opinion de M. Adolphe Brongniart, devrait être rapporté de préférence aux cycadées ou du moins à un genre très voisin. Ces feuilles, qu'on rencontre très communément dans le toit de la couche de la Grand'Baume et à Bessège dans celui de la couche Saint-Auguste, existent également encore à la base de l'étage charbonneux du système moyen; le toit de la couche Champclauson est presque entièrement formé par les empreintes de ce végétal, mais dans les couches supérieures nous n'en avons plus retrouvé de traces. La houille elle-même de quelques-unes de ces couches, surtout celle de Champclauson, présente, quand on la casse dans le sens de la stratification, des stries parallèles qui, par leur disposition et par leur forme, semblent analogues à celles des feuilles de *Næggerathia*. A Bessège (couche Saint-Auguste) ces feuilles sont accompagnées de fruits de forme ovale allongée, qui pourraient bien, d'après l'opinion du savant auteur de l'histoire des végétaux fossiles, appartenir à ce même végétal.

Enfin, nous signalerons dans ce système des empreintes très remarquables trouvées dans cette même couche par M. Chalme-ton, directeur des mines de Bessège; ce sont des tiges, dont les extrémités contournées sur elles-mêmes, offrent assez bien l'aspect d'un bouquet de plumes. M. Adolphe Brongniart, à qui nous avons communiqué ces singuliers végétaux, croit qu'ils pourraient bien être des tiges de lycopodiacées, à l'état de bourgeon, ou peut-être des bractées analogues à celles qui se développent chez les cycadées.

Système moyen.—Le système moyen est aussi très abondant en empreintes végétales; nous y avons rencontré :

Équisétacées.

Calamites Suckowii (Ad. Brong.). Couche Ste-Ilvide et St-André à Bessège, Velours, Grand'Combe,

Fougères.

Cyclopteris trichomanoides (Ad.

Brong.). — Champclauson, puits Lavernède aux Salles de Gagnières.

Necropteris gigantea (Stern.) . — Puits Lavernède.

Pecopteris Candolliana (Ad.

Brong.). — Velours.

— *Biotii* (Ad. Brong.) — Minette à la Grand'Combe.

- Pecopteris oreopterides* (Stern.). Couche Minette, les Bosquets, Grand'Combe, St-Martin près Alais.
- *polymorpha* (Ad. Brong.). — St-André, les Bosquets, Velours, St-Martin.
- *aquilina* (Ad. Brong.). . . — Champclauson.
- *chærophylloides* (Ad. Brong.). — Cantelade, Grand'Combe.
- Caulopteris peltigera* (Ad. Brong.). — St-Illide.
- espèce inédite, à disques d'insertion ovales très allongés. — St-Illide
- Sigillaria orbicularis* (Ad. Brong.). — Grand'Combe.
- *Defrancii* (Ad. Brong.). . . — Bessège.
- *Menardii* (Ad. Brong.). . . — St-André.
- *obliqua* (Ad. Brong.). . . . — Velours.
- Marsilliacées.*
- Sphenophyllum quadrifidum*. . — Bosquets, Velours, Cendras couche inférieure.

Végétaux dont la classe est incertaine.

- Annularia minuta*. — Velours.
- *brevifolia*. — St-Illide, Velours, puits Lavernède, St-Martin.
- *longifolia*. — Les Bosquets, Velours, Minette, Champclauson, St-Martin.
- Volkmannia crosa*. — Puits Lavernède aux Salles.
- Naggerathia foliosa* (Stern). . — Champclauson, Rochebelle.

Système supérieur.— Le système supérieur renferme des espèces variées, dont la majeure partie se rapporte à des plantes herbacées ou à des arbres voisins de nos conifères. On y trouve les espèces suivantes :

Fougères.

- Sphenopteris*. Couche Bassin des Brousses et Molières.
- Nevropteris flexuosa* (Stern.) . — Mazel.
- Pecopteris oreopterides* (Ad. Brong.). — Brousses.
- *dentata* (Ad. Brong.) . . . — Mazel.
- Sigillaria elegans*, var. *exagona* (Ad. Brong.). — Mazel, Brousses.
- *Sillimanii*, var. *intermedia* (Ad. Brong.). — Mazel.

Lycopodiacées.

Lepidodendron (plusieurs espèces) Couche Mazel, Brousses.

Lepidostrobus ou écailles de cônes du *Lepidodendron*. . — Mazel.

Marsilliacées.

Sphenophyllum quadrifidum (Sauv.). — Mazel, Brousses.

Bien que la liste des végétaux fossiles de nos divers systèmes houillers soit encore trop incomplète pour qu'on puisse en déduire des conséquences générales et rigoureuses, on voit déjà cependant que les sigillaires ont persisté dans toute la série houillère, et que les espèces de ce genre sont très variables d'une couche à l'autre. Ces végétaux, rares d'abord à la base du terrain houiller, ensuite très communs dans les systèmes charbonneux inférieurs et moyens, deviennent de nouveau peu abondants dans le système supérieur, où nous n'avons rencontré que le *Sigillaria elegans* et le *S. Sillimani*; ils semblent y être remplacés par le genre *lepidodendron* qui caractérise surtout l'étage supérieur de la formation houillère. On voit aussi que les *Caulopteris* ou vraies tiges de fougères arborescentes ne se montrent qu'à la base de l'étage charbonneux du système moyen (couche Saint-Ilvide à Bessèze). On remarque encore que les feuilles de *Næggerathia*, très abondantes dans l'étage charbonneux du système inférieur et dans les couches de houille les plus basses du système moyen, paraissent avoir complètement disparu dans la partie supérieure du terrain houiller. Enfin, nous ferons observer que nous n'avons rencontré que dans le système inférieur le genre *Stigmara*, plante que M. Brongniart considère comme n'étant qu'une racine de sigillaire.

D'après ces données, la puissance des couches de houille et leur qualité semblent varier en quelque sorte, avec leur ancienneté et la nature des végétaux qu'on y rencontre. Aussi ne doutons-nous pas que dans la suite, lorsque l'étude des végétaux fossiles, appliquée aux diverses couches d'un bassin, sera plus avancée, elle ne serve à jeter souvent un très grand jour sur la nature d'une exploitation naissante, en aidant à déterminer à quel étage de la série houillère appartient telle ou telle couche de combustible, dont on vient d'entreprendre l'exploitation. Nous ne saurions donc trop engager MM. les ingénieurs ou directeurs d'exploitations à recueillir, avec le plus grand soin, dans l'intérêt de la science,

comme aussi dans l'intérêt industriel, les empreintes végétales qui se trouvent dans les diverses couches de houille ; car elles pourront aider un jour à établir, par leur comparaison, les véritables relations qui existent entre les diverses couches du vaste bassin d'Alais.

Richesse du bassin d'Alais. — Nous terminerons ces notes par quelques réflexions sur la richesse en combustible de ce bassin. Examinons jusqu'à quel point il mérite l'épithète d'inépuisable qu'on lui donne journellement.

Nous prendrons d'abord pour but de nos recherches le bassin méridional, parce que cette partie est évidemment la plus riche en combustible ; elle est aussi la mieux connue, parce que c'est là que se trouvent les centres d'exploitation les plus importants : la Grand'Baume, la Grand'Combe, Champclauson et la Levade.

On connaît dans ce bassin vingt couches de houille, qui presque toutes sont en exploitation ou susceptibles d'être exploitées ; les sommes réunies de leur épaisseur moyenne donnent environ 40 mètres ; mais nous ferons observer que cette puissance de combustible est bien loin de s'étendre régulièrement sur toute la surface du bassin. D'après des appréciations faites sur les lieux, afin de tenir compte de la manière dont ces couches sont distribuées et des surfaces qu'elles occupent, nous pensons que le chiffre de 40 mètres peut être réduit en moyenne tout au plus à 10 mètres, représentant l'épaisseur réelle de la houille qui est censée recouvrir toute la superficie du bassin méridional.

La partie visible du terrain houiller y étant de 36 kilomètres carrés, fixant à 10 mètres l'épaisseur moyenne du combustible, on trouve qu'il contiendrait en volume 360,000,000 mètres cubes de houille. Le mètre cube de houille pesant 890 kilogrammes, on aurait en poids 320,400,000,000 kilogrammes, ou 320,400,000 tonnes.

Aujourd'hui, la Compagnie des mines de la Grand'Combe et chemins de fer du Gard extrait 1000 tonnes de houille par jour ; il en résulte qu'il faudrait 320,400 jours ou 877 ans 295 jours pour extraire tout le combustible compris dans cette partie du bassin d'Alais. Et si nous supposons que d'ici à quelques années le chiffre de l'exploitation vienne simplement à doubler, ce qui certes est dans toutes les probabilités, cet espace de temps se trouverait encore diminué de moitié, c'est-à-dire réduit à 438 ans 330 jours.

Voici une autre donnée sur la richesse en combustible du terrain houiller prise à Bessèges où est située la partie la plus riche du

bassin de la Cèze. Ces mines sont le centre d'une exploitation importante; elles alimentent une forge et deux hauts-fourneaux, et on y extrait annuellement 60,000 tonnes de combustible. La somme totale de la puissance des douze couches qui se trouvent dans cette concession s'élève à 16^m,40; mais la partie visible du terrain houiller n'y occupe qu'une surface de 191 hectares 97 centiares, ce qui nous donne un volume de houille de 30,907,170 mètres cubes, et en poids de 27,507,381,300 kilogrammes, soit 27,507,381 tonnes $\frac{3}{10}$; de telle sorte qu'il faudrait 458 ans $\frac{1}{2}$ pour extraire complètement toute la houille qui existe dans cette concession, en supposant que l'extraction annuelle restât toujours la même.

Et maintenant, si l'on considère que la marche croissante de notre industrie, dans le midi de la France, que les grandes lignes de chemins de fer qu'on y exécute, que l'essor de notre navigation à vapeur dans la Méditerranée et celui de notre commerce dans le Levant, sont intimement liés à l'aménagement du bassin d'Alais, l'on se demande, en présence de tels besoins, quel sera, dans quelques années, le chiffre de la consommation annuelle de ce combustible, et l'on reste pour ainsi dire effrayé du peu de durée que présentent en général tous les dépôts houillers, et du sort réservé à l'industrie, si elle était tout à coup privée d'un moteur aussi précieux. Mais d'un autre côté, l'on se rassure à la pensée de l'infatigable activité de l'esprit humain, qui, dans sa marche progressive, prépare à l'avenir de nouvelles découvertes et les moyens de satisfaire à ses besoins nouveaux.

TERRAIN TRIASIQUE (*keuper* ?).

Au-dessus du terrain houiller reposent, en stratification discordante et souvent même transgressive, des grès qui jusqu'ici ont été considérés assez généralement comme faisant partie de la formation liasique; c'est sous le nom de *grès inférieur du lias* qu'ils ont été désignés par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont dans la carte géologique de France (1).

(1) Dans une note insérée au *Bulletin* nous avons émis l'opinion que, d'après les caractères pétrographiques, l'existence du minerai de cuivre à Chessy et St-Bel, surtout les schistes à *Palæothrissum* de Muse près Autun, ce terrain devait être rapporté au zechstein. Si on veut absolument le rapporter au trias, il nous semble impossible de ne pas le considérer comme l'équivalent de la formation semblable, en Provence, que son infériorité bien constatée au muschelkalk a fait rapporter au grès bigarré.

(Note de M. de Roys.)

Mais, si l'on étudie attentivement les diverses assises de ce système, on ne tarde pas à reconnaître qu'il doit être placé de préférence dans le terrain triasique; sa composition et son indépendance ne laissent bientôt plus de doute à cet égard. Aussi, est-ce au trias que nous l'avons depuis longtemps rapporté, tout en restant dans une assez grande incertitude sur l'étage de ce terrain, auquel il doit appartenir. Nous ferons même remarquer qu'il est possible que ce système soit un composé, à lui seul, de keuper et de grès bigarré réunis, l'étage moyen ou muschelkalk manquant dans la contrée.

Quelle que soit l'opinion qui plus tard sera définitivement adoptée à ce sujet, nous avons cru devoir provisoirement désigner cette formation sous le nom de keuper, dans la carte géologique du Gard; et c'est ainsi que nous continuerons à l'appeler.

La puissance ordinaire du keuper est d'environ 80 mètres; mais elle se réduit quelquefois à 7 ou 8 mètres.

Ce terrain repose indistinctement sur le schiste talqueux, sur le granit ou sur les couches du terrain houiller, antérieurement disloquées. On l'observe tout autour du terrain ancien des Cévennes, où il forme une bande presque continue et souvent fort étroite, affleurant au-dessous du terrain jurassique; et on le retrouve encore dans le centre de cette chaîne de montagnes, où il recouvre des surfaces assez étendues. C'est ainsi que sur le massif granitique méridional, aux environs de Lasalle, du côté de Soudorgues, de Clarou et de Saint-Bonnet, on observe des calottes isolées de trias, reposant sur le terrain granitique, situées à une altitude de 5 à 600 mètres. Et vers l'extrémité occidentale du même massif granitique, sur le sommet de la montagne du Souquet, on peut voir des lambeaux de trias qui ont été soulevés jusqu'à 1,300 mètres au-dessus du niveau de la mer. Enfin, dans le département de l'Ardèche, près de Saint-Paul-le-Jeune, et au N. des Vans, on observe des surfaces très considérables de ce terrain, qui ne sont recouvertes par aucune autre formation.

Tous ces faits semblent évidemment déjà dénoter entre le système que nous décrivons et le terrain jurassique une certaine indépendance encore mieux indiquée dans quelques localités par la discordance de stratification qui existe entre ces deux dépôts.

C'est ainsi que près d'Alais, entre le Mas-Dieu et le hameau du Pradel, près la Teulière, on voit les assises inférieures du lias venir s'appuyer, en stratification légèrement discordante, sur les grès triasiques qui recouvrent dans ce point le terrain houiller. Aux environs de Saint-Hyppolite-le-Fort, entre Cros et Mono-

blet, aux mines de gypse de la Balme, sur la route de Lasalle, on observe les marnes supra-liasiques qui viennent buter directement sur les grès triasiques disloqués, soulevés et plissés en forme de selle (fig. 3). A l'E. de ce point, vers le Cayla, aux mines de gypse du Puech, on retrouve encore la même disposition. Enfin, à Pierre-Morte, près Saint-Ambroix, on observe le trias directement recouvert par les marnes oxfordiennes et le lias venant buter en stratification discordante contre ce terrain. La coupe (fig. 4) fait voir la disposition de ces divers étages jurassiques, et démontre d'une manière évidente l'indépendance du trias.

Ce terrain est assez variable dans sa composition : il est formé de couches alternantes de conglomérats, de poudingues, de calcaires compactes et magnésiens, de grès, de sables et de marnes argileuses ; il renferme aussi du gypse et du fer hydraté, en amas ou en couches subordonnées. Nous allons décrire successivement ses différentes parties constituantes :

Le conglomérat est formé des éléments désagrégés du terrain granitique ; il occupe toujours la base du système (hameau de Vidourle et Saint-Bonnet, près Lasalle).

Les poudingues sont formés de cailloux de quartz blanc, quelquefois d'un volume considérable, mais le plus ordinairement de la grosseur d'un œuf ou du poing ; ces cailloux sont réunis par un ciment très cohérent qui paraît être argileux ou feldspathique. Leur surface est le plus souvent colorée, ainsi que le ciment, en rouge ou en brun, par l'oxyde de fer (montagne de Pallières). L'épaisseur de cette assise est en général de 3 à 4 mètres ; elle forme un très bon horizon géognostique, et se retrouve presque partout à la base de ce terrain.

Ce poudingue contient, à Carnoulés, près Alais, du plomb sulfuré argentifère, qui est venu se sublimer dans les interstices de ses éléments quartzeux. C'est la même couche qui, plus au S., à Pallières, près Anduze, se trouve injectée de fer sulfuré, dont s'alimente la fabrique de couperose de MM. Mirial père et fils, qui s'est soutenue jusqu'à aujourd'hui par l'intelligence de ces habiles industriels. Dans ces deux localités, quand on examine avec soin les cailloux de quartz, quelques uns paraissent avoir évidemment été fondus et soudés par l'effet de la température élevée où ils ont dû être portés à l'époque de l'émission de ces diverses substances métalliques.

Le calcaire, qui est quelquefois magnésien, se trouve placé à différents niveaux dans ce terrain, mais principalement dans la partie moyenne, où il se présente ordinairement avec une puis-

sance de 20 à 30 mètres. Il est grisâtre ou jaunâtre, très compacte et très dur, et présente souvent un accident assez remarquable (Saint-Jean-du-Gard, Saint-Bonnet) : c'est d'être criblé de petites cavités quelquefois vides et géodiques, mais le plus ordinairement remplies de spath calcaire; il est alors d'un gris foncé, moucheté de blanc, d'un très bel effet et pourrait être exploité comme marbre (vallou de Beaux-Abris, près Saint-Jean-du-Gard). Enfin, nous ferons remarquer que les calcaires du trias contiennent plus ou moins abondamment des grains de quartz, lorsqu'ils sont dans le voisinage des couches de grès.

Les grès sont essentiellement quartzeux, avec feldspath décomposé plus ou moins abondant, à ciment calcaire ou argileux; ils sont blancs, jaunâtres ou rougeâtres, à grains plus ou moins fins, et on y distingue souvent des fragments de marne rougeâtre ou verdâtre. Ces petits points marneux venant à être détruits sur les surfaces exposées aux agents atmosphériques, il en résulte pour ces grès l'aspect carié qu'on y observe assez souvent.

Les sables sont quartzeux, jaunâtres, à grains fins, en général argileux, et contiennent souvent de très petites paillettes de mica blanc (Saint-Jean-du-Gard, Castellans près Bessèze, etc.).

Les marnes, associées au trias, sont en général argileuses, peu effervescentes, peu schisteuses, et se brisent en petits fragments anguleux. Elles offrent des nuances en général vives et variées, qui se rapportent au jaune, au violet, au vert et au rouge lie de vin.

Nous ferons remarquer qu'il est assez difficile d'établir dans ce terrain de bonnes coupes naturelles, attendu que les diverses assises qui le constituent acquièrent, suivant les diverses localités, des développements très différents, et que de plus, dans certains points, quelques unes de ces assises viennent même à être complètement supprimées. Cependant on peut établir, en règle générale, que la base de ce système est presque toujours formée par le conglomérat granitique, surtout lorsque celui-ci repose sur le granit; que le poudingue quartzeux lui succède; que celui-ci est en général surmonté par quelques assises de grès ou de sables, à grains moyens très quartzeux et feldspathiques; que les dolomies et les calcaires viennent ensuite, occupant la partie moyenne du dépôt, et qu'au-dessus on trouve généralement une alternance de marne, de sables et de grès; et qu'enfin cette série de couches est terminée, dans quelques points seulement, par des schistes gris, très fins, micacés et très onctueux (Anduze).

Les fossiles sont très rares dans ce terrain, car, malgré des re-

cherches minutieuses, je n'y ai trouvé jusqu'à présent que quelques débris de tiges végétales, indéterminables à cause de leur peu de conservation, et quelques impressions de petites bivalves, très mal caractérisées (les Vans). Quant aux calcaires, il ne nous ont jamais présenté la plus petite trace de débris organiques.

A un quart de lieue du Pompidou (Lozère), sur le versant oriental du Causse-de-Lacan-de-l'Hospitalet, ce terrain renferme une couche de lignite d'environ 0^m,30 d'épaisseur, intercalée entre deux couches de grès. Ce charbon présente une texture ligneuse; il est compacte et très luisant comme le jayet. C'est le seul point des Cévennes où je connaisse, dans le trias, des traces de combustible.

Ce terrain renferme très souvent, dans la partie moyenne, des amas de gypse plus ou moins puissants; il est intercalé quelquefois entre deux bancs de calcaire, d'autres fois il est contenu entre des couches de marnes ou de grès. Ce gypse est grisâtre, presque toujours argileux et d'une apparence terreuse, avec des veines de gypse blanc fibreux; quelquefois, comme à Paliès (commune de Monoblet), il se présente à l'état saccharoïde, étant alors d'une couleur blanchâtre ou rosée. Il contient fréquemment de petits cristaux de quartz prismatiques, terminés des deux côtés; ils sont opaques, et les plus gros ont jusqu'à un centimètre de longueur. Dans les carrières de Saint-Bonnet, on rencontre dans la masse de gypse blanc de petites couches non continues de karsténite blanche, à très petites lamelles; les ouvriers le désignent sous le nom de *lamelou*. Quant à ces amas de gypse, il est assez difficile d'expliquer leur origine d'une manière bien satisfaisante; cependant rien n'indique que ces gypses proviennent d'une modification ignée, sur place, des calcaires, au moyen de l'action directe de l'acide sulfurique et des vapeurs hydro-sulfurées; l'inspection de ces divers dépôts prouve que ces gypses sont le plus souvent intercalés entre des calcaires normaux; ce qui tend à faire présumer que ces sulfates ont été amenés par des sources minérales ou par des vapeurs ignées qui sortaient de l'intérieur du globe pendant que le trias était en voie de formation.

On trouve le gypse triasique dans un grand nombre de points du département du Gard, surtout dans la bande de trias qui borde le massif granitique méridional des Cévennes. Il est exploité dans l'arrondissement du Vigan, notamment dans les communes d'Arigas, de Molières, de Saint-Bonnet, de Vabres, de Monoblet et de Saint-Félix-de-Pallières. Dans l'arrondissement d'Alais, on le trouve à Saint-Jean-du-Gard, et près d'Anduze, à la porte

du Pas et dans le vallon des Gypières, ainsi que dans la commune des Salles-du-Gardon, à la Terisse, à Corbessas, et à Molières près Saint-Ambroix.

Fer hydraté de Bessège. — Enfin on observe dans ce terrain, principalement dans l'arrondissement d'Alais, des couches subordonnées de fer hydraté. C'est ce minerai qui sert à alimenter, en grande partie, les belles fonderies de Bessège; il s'exploite principalement à la montagne du Travers, où il forme deux couches séparées par une épaisseur de grès de 10 mètres. La couche supérieure a de 1^m,50 à 2 mètres d'épaisseur; l'inférieure, composée de fer hydraté très quartzeux, dit *minerai rude*, ne présente qu'une puissance de 0^m,50 à 0^m,60. Ces couches inclinent vers l'O. sous une pente de 35 à 40°, et se retrouvent, près de là, dans le vallon de Malagra, environ à 150 mètres au-dessous de l'exploitation précédente.

Près de Bordezac, sur le petit plateau de trias qui s'avance sous forme de promontoire vers l'E. de ce village, au milieu du terrain houiller et près du Mas de la Côte-de-Long, on exploite trois couches de minerai. La première, ou la supérieure, varie dans son épaisseur de 2 jusqu'à 10 mètres; elle est superficielle et n'est connue que dans cette localité. La seconde a un 1^m,50; c'est probablement la même que celle qui est exploitée à la montagne du Travers et dans le vallon de Malagra. Cette couche est également reconnue, au N. de Bordezac, sous le Mas de la Minière et au-dessus de la maison Castanier. La troisième couche ou l'inférieure, composée de minerai rude ou très siliceux, correspond à la couche inférieure du Travers et de Malagra. Dans la plaine des Champs, à côté de Bordezac, on retrouve cette même couche qui repose dans cette localité presque sur le terrain houiller. Près de là, dans le vallon des Mourèdes, on la rencontre encore; mais dans ce point, comme le terrain houiller vient à manquer, l'on observe que cette couche repose presque directement sur le schiste talqueux. Le minerai du Travers et celui de la Côte-de-Long, réunis dans une proportion de 1/4 Côte-de-Long, produisent aux fonderies de Bessège 41,50 p. 100.

Enfin, nous citerons encore, comme exemple de gîte de fer hydraté dans le trias, la couche, peu importante à la vérité, qu'on observe près de la Grand'Combe sur la rive droite du Gardon, vis-à-vis la Levade, ainsi que le gisement de Saint-Jean-du-Pin, de Cendras et du vallon de Fontane; ces deux derniers ont été exploités pendant quelque temps par les fonderies d'Alais.

Nous ferons observer que ce n'est point à des causes purement

neptuniennes que l'on doit rapporter ces dépôts ferrugineux ; car, en les examinant dans leur ensemble, il est permis de conclure, de la répétition constante de ces minerais de fer à une hauteur donnée et sur des points assez éloignés les uns des autres, que, durant la période triasique, il a dû surgir des sources ou des vapeurs minérales, dont les produits se déposaient régulièrement dans le fonds des mers, au milieu de la marche de la sédimentation générale de ce terrain.

Le trias contient très fréquemment de petits filons de substances métalliques. C'est ainsi que dans le vallon de Beaux-Abris, près Saint-Jean-du-Gard, nous avons rencontré, dans les calcaires de ce terrain, de petits filets de zinc sulfuré qui se croisent en tous sens. Au Vigan, aux mines de houille de Cavaillac, en creusant le puits Hamond, on a trouvé dans un grès marneux jaunâtre de petites cavités tapissées par des aiguilles très fines et très blanches de zinc carbonaté.

Les anciennes mines de plomb sulfuré argentifère de Laval, près le Mas-Dieu, sont également situées dans les calcaires du Trias. Il paraîtrait, par les immenses déblais qui les entourent, que ces travaux ont été considérables. La tradition populaire rapporte que ces mines ont été exploitées par les Anglais. Et, en effet, les savants auteurs de l'Histoire du Languedoc, dom Veyssette et Claude de Vic, nous apprennent qu'elles furent découvertes en 1343, époque à laquelle la Guienne, qui s'étendait jusqu'aux Cévennes, était assujettie à l'Angleterre.

Nous avons vu précédemment que le poudingue inférieur contenait, à Carnoulès, près Alais, du plomb sulfuré argentifère. Dans un essai fait à l'usine de Vialas, 86 tonnes de ce minerai n'ont produit que 1,800 kil. de plomb et 7 kil. 2 hect. d'argent.

Enfin, nous indiquerons que le manganèse oxydé se trouve aussi quelquefois sublimé dans les fissures des grès triasiques, notamment à Camprieu, commune de Saint-Sauveur-des-Pourcils, et aux environs de Meyrueis. Dans cette commune, au quartier de *Cabanals*, nous avons rencontré des fragments assez volumineux de cette substance ; gisement qui nous paraîtrait susceptible d'exploitation.

Les marnes triasiques renferment, près d'Alzon (arrondissement de Vigan), des géodes de quartz agate calcédoine, ordinairement blanchâtre, mais dont la couleur participe en général de celle des couches qui les contiennent. Ces géodes, dont le volume varie depuis la grosseur du poing jusqu'à celle de la tête, sont

mamelonnées à la surface ; leur cavité , généralement petite , est tapissée de cristaux de quartz hyalin prismés et de chaux carbonatée. A Seyres , près les Vans , on trouve aussi des concrétions semblables , mais dont l'intérieur se trouve rempli ; elles contiennent parfois dans le centre un noyau de zinc sulfuré.

TERRAIN JURASSIQUE.

Le terrain jurassique forme une vaste ceinture tout autour des terrains anciens des Cévennes , sans doute déjà émergés et qui faisaient probablement une saillie assez élevée au-dessus des mers , pendant la période de ce dépôt.

Ce terrain se compose d'une longue série de calcaires , de dolomies , de marnes et de schistes argilo-calcaires , alternant ensemble et formant un tout tellement lié qu'il est souvent très difficile d'y établir de bonnes coupes naturelles. Ce système est très puissant ; son épaisseur totale peut être évaluée environ à 980 mètres.

Il correspond à deux des grandes divisions du terrain jurassique ; savoir , au système oolitique et à celui du lias.

Système du lias. — Le lias se divise dans les Cévennes en quatre étages , distincts par leurs caractères minéralogiques et par les débris organiques qu'ils renferment. Voici leurs noms et leurs puissances , en commençant par l'étage supérieur :

Marnes supra-liasiques. .	Puissance.	400
Calcaire à Gryphées . . .	—	300
Dolomie infra-liasique . .	—	400
Infra-lias.	—	20
Puissance totale du lias.		520

Infra-lias. — Les assises inférieures du lias , qui reposent immédiatement sur le trias , sont très remarquables ; elles forment un étage particulier qui , déjà en 1839 , a été signalé sous le nom d'*infra-lias* par M. Leymerie , dans sa description du système secondaire du Lyonnais (1). Dans ce mémoire , ce savant géologue fait ressortir les caractères minéralogiques et paléontologiques particuliers qui distinguent les assises désignées aux environs de Lyon sous le nom de *choin-batard* ; il y démontre que cette série de couches est parallèle à la lumaehelle de la Bourgogne , au calcaire

(1) *Mémoires de la Société géologique de France* , 4^{re} série , t. III.

de Valognes et d'Osmánville en Normandie , au calcaire à gryphites inférieur de l'albe du Wurtemberg (1) , et au lias blanc des géologues anglais. D'où il conclut que le lias , pris dans son ensemble , semble devoir former trois étages distincts , savoir : l'*infra-lias* , le *calcaire à gryphées* et le *calcaire à bélemnites*.

Depuis lors , une nouvelle opinion a été récemment émise à ce sujet par M. Fournet , dans un mémoire publié en 1845 dans les *Annales de la Société d'agriculture et d'histoire naturelle de Lyon*. Ce géologue , frappé par les caractères minéralogiques des calcaires qu'il a observés dans le département de l'Aveyron , à la base du lias , pense qu'on doit les séparer du terrain jurassique et les considérer comme les représentants du muschelkalk , dans le midi de la France. Cette opinion qui m'avait été communiquée verbalement par ce savant , deux ans avant la publication de son mémoire , a dû naturellement me faire diriger mes études sur cette importante question , et me faire rechercher ce qu'elle pouvait avoir de fondé. Mais j'avoue que , jusqu'à présent , je n'ai trouvé aucun fait bien concluant en faveur de cette nouvelle hypothèse , et qu'au contraire l'absence dans ce calcaire de tout fossile qu'on puisse regarder avec certitude comme caractéristique du muschelkalk , et sa liaison intime avec le lias , nous engagent à continuer de le regarder comme faisant partie du terrain jurassique , dont il formera peut-être un jour un membre nouveau.

Cet étage atteint dans les Cévennes une épaisseur de 15 à 20 mètres ; il est formé , à la partie supérieure , par un calcaire compacte , en général d'un gris mat cendré , quelquefois d'un gris de fumée assez foncé , à cassure conchoïdale et qu'on distingue facilement , avec un peu d'habitude , du calcaire à gryphées ; ce calcaire forme de petites couches nettement stratifiées de 10 à 15 centimètres d'épaisseur. Dans la partie inférieure , l'*infra-lias* devient très marneux et contient beaucoup de coquilles fossiles , la plupart nouvelles et distinctes de celles du lias. Malheureusement le plus grand nombre n'est pas très déterminable , parce qu'elles sont souvent à l'état de moules.

Les Peignes y forment les fossiles dominants ; ils nous ont paru se rapporter au *Pecten Lugdunensis* et au *Pecten Valoniensis* , et à trois ou quatre autres espèces inédites. Nous y avons rencontré un *Mytilus* qui nous a semblé offrir quelque analogie avec le *Mytilus*

(1) Mémoire de M. le comte F. de Mandelslohe. *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*, t. II.

socialis du muschelkalk, le *Diadema seriale* (Agassiz) qui, comme on sait, est très caractéristique du choin-bâtard au Mont-d'Or lyonnais, un petit Plagiostome strié, très commun dans cet étage, et qui nous paraît constituer une espèce nouvelle. Nous y avons recueilli très abondamment une petite *Ostrea* que nous présumons être celle de l'infra-lias lyonnais et que M. Leymerie rapporte à la gryphée arquée, jeune âge; cette espèce rappelle effectivement la gryphée arquée par sa forme générale, mais s'en distingue par l'absence du crochet proéminent et recourbé, et par l'existence d'un point d'attache constamment placé au sommet de la valve inférieure. Nous avons également rencontré dans cet étage l'*Ammonites Torus*, que M. Alc. d'Orbigny cite (*Paléontologie française. Terrain jurassique*, t. I, p. 213) comme caractérisant avec la *Gryphæa arcuata* les grès inférieurs du lias à Valognes (Manche) et à Zinsweiler (Bas-Rhin); et de plus, une autre petite espèce d'Ammonite, lisse et très aplatie, à lobes également dentelés, caractère qui, comme on sait, ne se retrouve pas dans les Ammonites du muschelkalk, qui se rapportent toutes à la famille des Goniatites de M. Léopold de Buch.

Près des Vans, M. Jules de Malbos a trouvé dans ce calcaire une empreinte de poisson à écailles carrées, qui n'a pu être encore déterminée. Un autre poisson de même nature, de 10 centimètres de longueur, avait été trouvé quelques années auparavant dans la même commune, près Pallières; il fait dans ce moment partie de la collection publique de la ville d'Annonay.

Nous y avons recueilli aussi quelques articles de Crinoïdes, distincts de ceux de l'*Encrinites moliniformis* du muschelkalk et de ceux du *Pentacrinites basaltiformis* de notre calcaire à gryphées. Enfin, nous ferons remarquer que nous n'avons pas encore rencontré dans cet étage la plus petite trace de Bélemnites, qui sont si abondantes dans le calcaire à gryphées, mais inconnues, comme on le sait, dans le muschelkalk.

On observe aussi quelquefois, à la partie supérieure de l'infra-lias, des calcaires qui se divisent en petites plaques minces, sur lesquelles on trouve une grande abondance de coquilles turriculées (Turritelles et Mélanies?). Cette roche offre dans quelques points, ainsi que les coquilles qui la recouvrent, des surfaces comme usées; circonstance qu'on observe également sur le choin-bâtard du Mont-d'Or lyonnais; ce qui semblerait indiquer qu'il s'est écoulé un assez long intervalle de temps entre ce dépôt et celui du lias proprement dit.

Nous ferons encore remarquer qu'on ne retrouve nulle part , au-dessus de l'infra-lias des Cévennes , l'assise arénacée désignée par M. Leymerie sous le nom de *Macigno* , qui existe au Mont-d'Or , entre le choin-bâtard et le calcaire à gryphées ; couche qui contient encore , mais en petite quantité , les fossiles de ce dernier calcaire , et qui paraît représenter dans cette contrée le véritable grès inférieur du lias.

L'infra-lias se rencontre dans les Cévennes , presque partout où existe le trias , sur lequel il nous a paru reposer d'une manière concordante. Les points principaux où nous l'avons observé sont : dans la vallée de la Cèze , Gammal près Robiac , et Clet , au-dessous de l'église de Meyrannes (fig. 4) , dans la vallée du Gardon d'Alais , les Salles et le Pradel , près la Grand'Combe. On le retrouve également au Pradinas et à Majencoule , près Mialet.

Dans quelques points très circonscrits , cet étage n'est recouvert par aucun autre terrain ; les petits contreforts de trias qui s'adossent à la montagne schisteuse de la Tune , entre Bordezac et Aujac , se trouvent couronnés au Chaylard et au Collet par une calotte d'infra-lias.

Dans le creux des Vans (Ardèche) , l'infra-lias est immédiatement recouvert par les marnes supra-liasiques ; et , un peu plus loin , vers Joyeuse , nous l'avons vu recouvert directement par les marnes oxfordiennes. Tous ces faits sembleraient indiquer une certaine indépendance dans ce système.

Voici la liste de l'ensemble des divers débris organiques de l'infra-lias :

Ammonites Torus (d'Orb., pl. LIII). Clet , près Meyrannes.

— petite espèce lisse , à cloisons persillées. Le Pradel , près la Grand'Combe.

Pecten Lugdunensis ? (Mich.). (*Mém. Soc. géol. de France* , 1^{re} série , t. III , pl. XXIV , fig. 5.) Chaylard , près Bordezac.

— *Valoniensis* ? (Defr.). (*Mém. Soc. géol. de France* , 1^{re} série , t. III , pl. XXIV , fig. 6.) Le Pradel.

— deux ou trois autres espèces , dont une à côtes épineuses. Chaylard.

Plagiostoma (espèce striée). Majencoule , Pradinas , Salindres , etc.

— espèce de la même grandeur , mais lisse. Clet.

Avicule , deux ou trois espèces , dont une voisine de l'*Avicula socialis* (Desh. coq. car. des terrains , pl. XIV , fig. 5). Salindres et Pradinas , près Anduze ; Gammal , près Robiac ; Chaylard , etc.

Ostrea (nouvelle espèce). Le Pradel , Chaylard , Bildoire , près Banne.

Plicatula , assez grande espèce , épineuse sur la valve supérieure. Chaylard.

- Modiola* (moules), deux espèces.
Pholadomya (moules), deux ou trois espèces. Majencoule, près Mialet.
Pinna, fracturé, assez grande espèce. Le Pradel.
Unio (moules). Majencoule.
Venus (moules). Salindres.
Trochus (moules). Majencoule, le Pradel.
Turritelles (moules). Chaylard.
Amphidesma? (moules). Majencoule.
Littorines? (moules). Bildoire, Clet.
Melanies? (moules). Bildoire.
Diadema seriale (Agassiz). (*Mém. Soc. géol. de France*, 1^{re} série, t. III, pl. XXIV, fig. 4.) Pradinas, le Fesc, près la Grand'Combe.
Pentacrinites (quelques articles seulement). Chaylard, le Pradel, Clet.
Zoophyte du genre *Cyathophyllum*. Le Pradel, Chaylard, Clet.
Ichthyolithes. Les Vans.
Fucoides. Mentaresle, près Banne (Ardèche).

Dolomie infra-liasique.

Immédiatement au-dessus de l'infra-lias proprement dit, et en stratification concordante, on trouve une série d'assises de calcaire plus ou moins magnésien, formant des couches de 0^m,50 à 1 mètre d'épaisseur, nettement stratifiées, régulières et bien continues. Cette dolomie est toujours compacte, solide, à grains fins et serrés, pesante, et se désagrège assez difficilement par l'effet des agents atmosphériques. La puissance de cet étage dolomitique est considérable; nous l'estimons moyennement à 100 mètres. Nous n'y avons pas observé la plus petite trace de débris organiques fossiles.

Ce puissant dépôt de dolomie étant d'une part intimement lié à l'infra-lias, avec lequel il alterne même quelquefois au point de contact (Bildoire, près Banne, Ardèche), et d'une autre à l'étage du calcaire à gryphées avec lequel il se lie d'une manière insensible, nous avons cru devoir le considérer comme un étage particulier de la formation du lias, et le désigner sous le nom de *Dolomie infra-liasique*.

C'est dans cette dolomie que sont ouvertes la plupart des cavernes des environs de Mialet, près d'Anduze, et la belle grotte du cap de Rieusset, près Alais.

La dolomie infra-liasique étant intercalée entre deux étages de calcaires non magnésiens, il est probable qu'elle a une origine sédimentaire, et qu'elle est due à des émanations ou à des sources magnésiennes qui ont surgi au fond des mers pendant la période de ce dépôt.

Cet étage dolomitique se retrouve partout dans les Cévennes , à la base du calcaire à gryphées. Il est surtout très développé aux environs de Saint-Hippolyte-le-Fort , notamment sur le revers N. de la montagne de la Fage , ainsi que dans la vallée du Gardon de Mialet , et dans celle de la Cèze , au-dessus de Saint-Ambroix.

La couleur de cette dolomie , dans ces diverses localités , est, en général , d'un gris assez foncé ; mais vers l'O. du département du Gard , du côté du Vigan , elle éprouve un changement de couleur très remarquable ; elle devient d'un blanc jaunâtre très clair, ainsi que les calcaires qui lui sont subordonnés. Cet étage nous paraît avoir les plus grands rapports avec les assises désignées en Angleterre sous le nom de *lias blanc*.

La partie moyenne de la montagne de Tessonne et du pic d'Esparon , près le Vigan , est composée de ces dolomies et de ces calcaires blanchâtres , et on observe qu'ils y sont immédiatement recouverts par l'oolite inférieure , le calcaire à gryphées venant à manquer dans cet endroit. On y exploite , à Molières , des pierres de taille très estimées , employées au Vigan pour les constructions. Le *lias blanc* se retrouve encore dans le département de l'Aveyron , entre Naut et Saint-Jean-du-Bruel ; la partie moyenne du Causse-de-Lacan-de-l'Hospitalet (Lozère) en est également composée sur une épaisseur d'environ 100 mètres ; il y est recouvert par quelques mètres seulement de calcaire à gryphées.

C'est dans la dolomie infra-liasique que se trouve le filon de zinc sulfuré de Clairac , près Saint-Ambroix , dont on retrouve des traces de l'autre côté de la Cèze , près de Robiac et au hameau de Péret. C'est également dans cet étage que se trouvent en partie les filons de plomb sulfuré laminaire de Durfort et de Saint-Félix-de-Pallières , associé à de la blende , à de la chaux carbonatée nacréée et à du spath fluor. On observe , dans ces deux localités , que ces filons remontent jusque dans l'étage du calcaire à gryphées.

Calcaire à gryphées.

Nous avons vu précédemment que la dolomie infra-liasique ou *lias blanc* se liait dans le haut , d'une manière insensible , au calcaire à gryphées. Ce calcaire , aux environs d'Alais , est compacte et d'un gris très foncé , à cassure esquilleuse , et présente ordinairement , dans les cassures fraîches , de très petits points brillants et miroitants ; mais dans l'O. du département du Gard il offre une

différence assez notable dans sa couleur : il devient d'un gris jaunâtre, surtout aux environs de Trèves et de Lanuéjols, ainsi que du côté de Nant (Aveyron). Dans la Lozère, sur le revers du Causle-Méjan, entre Meyrueis et Fraissinet-de-Fourques, et sur le Causle-de-Lacan-de-l'Hospitalet, au-dessus de Montaigu, ce calcaire offre aussi un aspect jaunâtre.

L'épaisseur moyenne du calcaire à gryphées est au moins de 300 mètres. Cette grande puissance s'observe surtout dans la vallée du Gardon de Mialet et dans celle de la Cèze, où les montagnes du Fal, de la Sube, du Durquier et de Banassa atteignent une hauteur de plus de 500 mètres au-dessus de la mer et de 300 mètres au-dessus du sol de la vallée (fig. 4).

Dans ces diverses localités, et principalement aux environs de Sumène, Monoblet, Durfort, Mialet et Saint-Ambroix, le lias paraît former un étage indépendant; il y constitue, en effet, des surfaces très étendues et très élevées, qui ne sont recouvertes par aucune autre formation.

Les filons de plomb argentifère de Saint-Sauveur-des-Poureux, arrondissement du Vigan, sont situés en partie dans le calcaire du lias; au quartier de Terre-Rouge, on trouve, au contact d'un de ces filons, des bélemnites dont la substance calcaire a été complètement remplacée par du quartz hyalin et par du plomb sulfuré.

Enfin, c'est dans ce même étage que se trouve situé le filon de calamine de la Croix-de-Pallières, près d'Anduze, qui fait dans ce moment l'objet d'une demande en concession.

On trouve assez souvent, dans le calcaire à gryphées des nodules de silex; ils y sont quelquefois si abondants, que les couches paraissent en être entièrement formées. Le lias présente alors un facies tout-à-fait particulier : ces silex, en se décomposant, lui donnent un aspect rougeâtre ainsi qu'à la terre végétale qui le recouvre; on le reconnaît de loin à sa couleur rubiginieuse et à la végétation qui ne consiste qu'en châtaigniers. Lorsque le calcaire à gryphées présente cet aspect particulier, il faut prendre garde de le confondre avec les calcaires silicifères de l'oolite inférieure, qui, vus à une certaine distance, offrent absolument la même apparence.

La silicification du calcaire à gryphées paraît être due à des sources d'eau chaude, chargées de silice, qui surgissaient successivement pendant la période de ce dépôt. Les calcaires silicifiés forment assez généralement deux bandes dans cet étage; l'une, placée à la partie moyenne, et l'autre à la partie supérieure (M^t. de la Sube) (fig. 4).

Il résulte de cette abondance de silice que les débris organiques fossiles qu'on rencontre dans les calcaires à gryphées sont presque tous passés à l'état siliceux. Et il est assez naturel de penser que les éruptions de cette substance ont contribué à la destruction instantanée de tous les animaux qui vivaient à cette époque.

Voici la liste des fossiles les plus caractéristiques qu'on rencontre dans cet étage :

Belemnites Bruguierianus (d'Orb., *Pal. fr.*, pl. VII, fig. 4—5). Fressac.

— *acutus* (Miller). (*Pal. fr.*, pl. IX, fig. 8—14.) Sube, mont. près Courry.

Ammonites fimbriatus (Sow.). (d'Orb., *Pal. fr.*, pl. XCVIII.) Valz, Fressac.

— *bisulcatus* (Brug.). (d'Orb., *Pal. fr.*, pl. XLIII.) Mialet, Durfort.

— *Becheii* (Sow.). (D'Orb., *Pal. fr.*, pl. LXXXII.) Valz.

— *Davæi* (Sow.). (D'Orb., *Pal. fr.*, pl. LXXXI.) Valz.

— *Birchii* (Sow.). (D'Orb., *Pal. fr.*, pl. LXXXVI.) Valz, Fressac.

— *radians* (Schlot.). (*Pal. fr.*, pl. LIX.) Fressac.

Spirifer Walcotii (Sow., pl. CCCLXXVII, fig. 2). Mém. Léop. de Buch, pl. X, fig. 28. Mialet, Durfort.

— *rostratus* (Schl.). (Mém. L. de Buch, *Soc. géol. de Fr.*, pl. X, fig. 24.)

— *tumidus* (Mém. L. de Buch, pl. X, fig. 29). Mialet, le Puech, près Banne.

Terebratula acuta (Sow.). (Mém. L. de Buch, pl. XIV, fig. 44.) Bleyard (Lozère).

— *bidens* (Phil., pl. XIII, fig. 24). Lacan-de-l'Hospitalet (Lozère).

— *triplicata* (Phil.). (Mém. L. de Buch, pl. XIV, fig. 9.) Bleyard.

— *numismalis* (Lamk.). Mém. L. de Buch, pl. XVII, fig. 4.) Mialet, Lacan-de-l'Hospitalet.

— *vicinalis* (Schl.) (espèce voisine du *digona*). Mialet, Bleyard ; Sube M^r.

— *ornithocephala*? (Sow., pl. CI, fig. 4 à 4). Mont. la Fage, près Sumène.

Gryphæa arcuata (*Incurva* Sow., pl. CXII, fig. 4). Mialet, M^r. la Fage, Robiac, etc.

Pecten æquivalvis (Sow., pl. CXXXVI, fig. 4). M^r. la Fage, Bleyard.

Marnes supra-liasiques.

Le dépôt que nous venons de décrire est surmonté, dans un grand nombre de points, par les marnes supérieures du lias. Cet étage se divise, dans les endroits où il a acquis un grand développement, en deux assises distinctes.

L'inférieure est composée de marnes noires bitumineuses, très

solides , schisteuses et consistantes ; quelques variétés sont tellement tenaces , qu'on peut les diviser , comme l'ardoise , en feuillets excessivement minces. On voit fréquemment , entre les feuillets de la marne bitumineuse , du fer sulfuré et des portions de bois bitumineux ou lignite , en plaquettes peu étendues. Ce lignite donne en brûlant une fumée noire et épaisse ; on pourrait en tirer parti comme combustible s'il existait en assez grande quantité pour être exploité avec avantage ; mais des recherches faites près Monoblet , en 1829 , au Bancal et sous le Cayla , à Gênerargues près Anduze , à Saint-André-de-Buêjes (Hérault), et en beaucoup d'autres lieux , n'ont donné aucun indice de gîtes utilement exploitables.

On y trouve encore des masses arrondies (*septaria*) de calcaire marno-compacte , qui contiennent souvent , dans l'intérieur , des Ammonites ou des Bélemnites. Ces rognons , exposés à l'air , perdent peu à peu leur couleur noire qu'ils doivent au bitume ; de sorte qu'ils sont alors , à leur surface , d'un gris jaunâtre. Quelques uns d'entre eux contiennent , en mélange intime , une assez forte proportion de carbonate de fer ; ils ressemblent au fer carbonaté lithoïde du terrain houiller , et pourraient être exploités comme minéral de fer , s'ils étaient assez abondants (la Vigne , près Saint-Sébastien , Bariel , Vals , près Anduze , etc.).

Les marnes de l'assise supérieure sont d'un gris clair , souvent un peu jaunâtre , friables , et contiennent quelques couches de calcaire grisâtre plus ou moins schisteux. Ces strates calcaires deviennent surtout abondantes dans le haut , et établissent ainsi un passage insensible entre les marnes du lias et les calcaires de l'oolite inférieure ; aussi l'on peut dire que dans les Cévennes la liaison des marnes supra-liasiques avec ce dernier étage est infiniment plus intime qu'avec celui du calcaire à gryphées , qui , dans un grand nombre de lieux , affecte , comme nous l'avons fait observer précédemment , une allure tout-à-fait indépendante. Cette séparation distincte des marnes et du calcaire à Gryphées , qui est également très marquée dans d'autres parties de la France , notamment en Normandie , motive la proposition faite par divers géologues , entre autres par M. Dufrénoy , de séparer les marnes supra-liasiques du lias proprement dit , et de les ranger dans l'étage inférieur de la série oolitique ; ce qui aurait le grand avantage de faire commencer chaque étage du système oolitique par une assise argileuse.

Les marnes du lias sont assez variables dans leur épaisseur ; elles forment dans le département du Gard , entre Sumène et Alais ,

une bande continue de 28 à 30 kilomètres de longueur, affleurant au-dessous de l'oolite inférieure. Cette bande marneuse, qui ne présente d'abord que quelques mètres de puissance à son extrémité occidentale, atteint dans le vallon de Fressac, près Durfort, son maximum d'épaisseur, qui est de 100 mètres; à partir de là, elle va de nouveau en s'amincissant jusqu'à Alais, où cet étage se perd près de Saint-Jean-du-Pin et au pied de la montagne de Saint-Germain. De sorte qu'entre Alais et Saint-Ambroix, l'oolite inférieure, ou l'étage oxfordien, repose directement sur le calcaire à gryphées. A l'O. de cette dernière ville, sur la route de Bessèges, on retrouve encore dans le Vallat de la Vigne, près Plauzolle, quelques traces des marnes supra-liasiques, et un peu plus au N. elles sont représentées, sur le revers septentrional de la montagne de la Sube, près le village de Courry, par une couche calcaire de 1 mètre à 1^m,50 d'épaisseur, contenant des nodules de fer hydraté et plusieurs fossiles caractéristiques du même étage (fig. 4).

Au N.-E. de ce point, sur la route des Vans, près du hameau des Avelas (Ardèche), on rencontre cette même assise, mais beaucoup plus puissante, plus ferrugineuse et contenant un très grand nombre de fossiles (*Ammonites Walcotii*, *A. serpentinus*, etc.).

Cette assise serait, comme on le voit, identique avec les gîtes de minerai de fer oolitique de Villebois, de la Verpillière et du Mont-d'Or, près Lyon, qui occupent la partie supérieure du lias.

Le minerai de fer des Avelas, qui fait dans ce moment l'objet d'une demande en concession, est assez pauvre; son rendement à la fonte n'est guère que de 10 à 12 p. 100. Ce qu'il y a de remarquable dans cette couche, c'est qu'elle n'est presque pas visible à l'extérieur; pour y arriver, on a été obligé de foncer un puits dans les marnes oxfordiennes qui recouvrent directement cette assise ferrugineuse.

En descendant dans le creux des Vans, on trouve un banc de 2 mètres d'épaisseur de marne grise, qui appartient au même étage, dans la partie supérieure duquel on observe également quelques nodules ferrugineux, sur une épaisseur de 0^m,20. Cette assise argileuse et ferrugineuse s'étend tout autour du bassin des Vans; on la suit jusqu'au-delà de Naves, et elle repose sur l'infra-lias.

Vers l'O. du département du Gard, les marnes se montrent de nouveau; on les observe à Trèves et au hameau de Monjardin, près Lanuéjols. De là on les suit jusqu'à Meyrueis, où elles for-

ment une partie de l'escarpement du Causse-Méjan. Dans l'Aveyron, au-dessus de Saint-Jean-du-Bruel et à Nant, elles acquièrent un assez grand développement.

Les marnes supra-liasiques sont très fossilifères, partout où elles se présentent. On observe que les Ammonites y sont presque toutes passées à l'état de fer hydraté. Voici la liste des principaux débris organiques que nous y avons rencontrés :

- Belemnites elongatus* (Mill.). (*Pal. fr.*, pl. VIII, fig. 6—11.) Fressac.
 — *acutus* (Mill.). (*Pal. fr.*, pl. VIII, fig. 8.) Pied-Pouchu près Meyrueis (Lozère), Fressac, Sivelou.
 — *cæcilis* (d'Orb., *Pal. fr.*, pl. XI, fig. 6—12). Fressac, Lacanau, Perjuret près Meyrueis (Lozère).
 — *Fournelianus* (d'Orb., *Pal. fr.*, pl. X, fig. 7—14). Pied-Pouchu, Fressac.
 — *tricanaliculatus* (Hartmann). (D'Orb., *Pal. fr.*, pl. XI, fig. 4—5.) Nant (Aveyron).
 — *acuarius* (Schl.). (*Pal. fr.*, pl. V.) Valz, près Anduze; Fressac.
 — *irregularis* (Schl.). (*Pal. fr.*, pl. IV.) Valz, Fressac.
 — *Bruguierianus* (d'Orb., pl. VII, fig. 4—5). Fressac, Nant.
 — *compressus* (Blainv.). (*Pal. fr.*, pl. 6.) Nant, Pied-Pouchu.
Ammonites bifrons (Brug.) (*Walcotii* Sow.). (*Pal. fr.*, pl. LVI.) Fressac, Lacanau, etc.
 — *Calypso* (d'Orb., pl. CX, fig. 4—3). Fressac, Lacanau.
 — *variabilis* (d'Orb., pl. CXIII). St-Jean-du-Bruel, Nant, Lacanau.
 — *heterophyllus* (Sow.). (*Pal. fr.*, pl. CIX.) Fressac.
 — *Raquianus* (d'Orb., pl. CVI). Fressac, St-Jean-du-Bruel, Nant.
 — *mucronatus* (d'Orb., pl. CIV, fig. 4—8). Fressac, St-Jean-du-Bruel, Nant.
 — *Tethys* (d'Orb., pl. LIII, fig. 7—9). Fressac, Bariel, Lacanau près Anduze.
 — *cornucopia* (Young). (*Pal. fr.*, pl. XCIX.) Fressac.
 — *fimbriatus* (Sow.). (*Pal. fr.*, pl. XCVIII.) Ribas, près Anduze.
 — *serpentinus* (Schl.). (*Pal. fr.*, pl. LV.) Cruveliers, près St-Hippolyte-le-Fort.
 — *costatus* (Rein.). Fressac.
 — *sternalis* (de Buch). (*Pal. fr.*, pl. CXI.) Fressac, Nant.
 — *Desplacii* (d'Orb., pl. CVII). Fressac.
 — *margaritatus* (d'Orb., pl. LXVII et LXVIII). Fressac, Durfort.
 — *annulatus* (Sow.). (*Pal. fr.*, pl. LXXVI, fig. 4—2). Cruveliers.
 — *complanatus* (Brug.). (*Pal. fr.*, pl. CXIV.) Fressac.
Natica (moules). Fressac.
Pleurotomaria. Fressac.
Trochus duplicatus (Sow., pl. CLXXXI, fig. 5). Fressac.
Pecten æquivalvis (Sow., pl. CXXXVI, fig. 4). Trèves, pic de St-Loup (Hérault).
Possidonia Bronnii (Gold.). Fressac.

Nucula claviformis (Sow., pl. CCCCLXXVI, fig. 3). Pic de St-Loup, St-André-de-Buèges.

— *ovum* (Sow., pl. CCCCLXXVI, fig. 1—2). St-Loup.

SYSTÈME OOLITIQUE. — Le système oolitique forme dans les Cévennes trois groupes distincts que nous rapportons aux groupes corallien, oxfordien et à celui de l'oolite inférieure.

Groupe de l'oolite inférieure. (*Inferior oolite des Anglais*). — Ce groupe correspond évidemment au système désigné par M. de Bonnard sous le nom de *calcaire à Entroques* dans sa description géologique de l'Auxois (*Annales des mines*, t. X, année 1825), partie de la Bourgogne qui s'appuie sur les terrains primordiaux du Morvan; cette assise paraît correspondre assez exactement, d'après les observations de M. Élie de Beaumont, à l'*inferior oolite des Anglais*.

Ce groupe se divise, dans les Cévennes, en deux sous-groupes particuliers :

(b) Le supérieur, auquel nous conserverons le nom consacré de <i>calcaire à Entroques</i>	
. Puissance moyenne.	50
(a) L'inférieur, que nous désignerons sous le nom de <i>calcaires et marnes à Fucoïdes</i>	
. Puissance moyenne.	40
Puissance totale de l'oolite inférieure. .	90

(a) *Sous-groupe inférieur* (*Calcaires et marnes à Fucoïdes*). — Au-dessus des marnes supra-liasiques s'élève, en alternant d'abord avec elles au point de contact, une série de bancs calcaires de 25 à 30 centimètres d'épaisseur, parfaitement stratifiés et contenant presque toujours des nodules de quartz lydien. Ce calcaire est d'un gris plus ou moins foncé, et il est assez facile de le confondre avec le calcaire à gryphées, dont il ne se distingue souvent que par sa position géologique et par les débris organiques qu'il contient.

Ces calcaires alternent quelquefois, comme à Blateiras près Anduze, aux Mages, à Larnac, à la montée de Saint-Ambroix dite la Vivarèze et aux environs de Saint-Brès, avec des marnes argileuses grisâtres, schistoïdes et très friables, renfermant assez ordinairement de très petites paillettes de mica argentin; caractère qui les distingue des marnes supra-liasiques.

On observe très communément, sur la surface des bancs de ce calcaire et quelquefois même entre les feuillets des marnes, des

empreintes de *Fucoïdes*. M. Adolphe Brongniart, à qui nous les avons montrées, pense qu'elles ont quelque analogie avec le *Fucoïdes Huotii* (1).

C'est dans cet étage que se trouvent, aux environs de Trèves, à Saint-Sulpice et au moulin des Gardies, au-dessous de Révens, non loin des limites des départements du Gard et de l'Aveyron, des dépôts de combustible assez considérables pour être exploités avec avantage. D'après M. Dufrénoy, ils paraîtraient à peu près du même âge que ceux de Whitby, dans le Yorkshire, qui se trouvent au milieu des marnes rapportées généralement aux couches supérieures du lias (2). Ce charbon minéral a la plus grande analogie, par ses caractères extérieurs, avec la véritable houille; quelquefois même il possède comme elle la propriété de coller en brûlant et de donner du coke. Ce combustible a été appelé *stipite* par M. Brongniart, parce que les débris de végétaux qui l'accompagnent sont généralement composés de *Cycadées*.

Les noyaux siliceux qui s'observent dans ce calcaire sont quelquefois si abondants, qu'ils finissent par le remplacer complètement. Près de la Vigne, commune de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (arrondissement d'Alais), on rencontre surtout de ces bancs à nodules quartzeux dont la croûte jaunâtre est très légère, nectique et assez semblable au tripoli.

Dans les Cévennes ce terrain quartzeux est facile à reconnaître de très loin; il constitue des collines arides, d'un rouge jaunâtre, dépourvues de pelouse, et qui ne sont couvertes que de quelques rares châtaigniers. Il est surtout très abondant entre Durfort et Saint-Martin-de-Sossenac, et plus loin à Taupussargues et au Mas du Bos. Il s'observe également au N. d'Anduze, à Monteirargues, à Blatiès et à Blateiras. Enfin, près de Saint-Ambroix, au-dessus de Plauzolle, il existe aussi plusieurs montagnes appartenant au même terrain. Il faut prendre garde de confondre cet étage de l'oolite inférieure avec les calcaires à gryphées siliceux qui, vus de loin, présentent le même aspect.

Ce sous-groupe n'est pas également développé; sous le château de Fressac il a environ 30 à 35 mètres de puissance; à Saint-Brès il atteindrait environ 50 mètres d'épaisseur.

Les débris organiques fossiles ne sont pas très communs dans ce calcaire; nous y avons trouvé entre autres une *Bélemnite* très re-

(1) *Voyage dans la Russie méridionale*, par M. le comte Demidoff.

(2) *Mém. pour servir à une description géologique de la France*, t. I, p. 200.

marquable par sa forme, le *Belemnites Blainvillei*, qui ne s'observe jamais dans les marnes du lias, et qui apparaît pour la première fois dans cet étage. Cette belle espèce, d'après M. Aleide d'Orbigny, caractérise l'oolite inférieure; elle a été recueillie aux Moûtiers et à Saint-Vigor (Calvados), et à Fontenay (Vendée.).

Voici la liste des divers fossiles que nous y avons reconnus :

Belemnites Blainvillei (Volz). (*Pal. fr.*, pl. XII, fig. 9—16.)

Terebratula ornithocephala (Sow., pl. CI, fig. 1, 2, 4). Le Bos près Anduze, les Vans.

— *oblonga*? (Sow.). (Mém. L. de Buch, pl. XVI, fig. 2.) Le Bos.

— *concinna* (Sow.). (Mém. L. de Buch, pl. XIV, fig. 44.) Le Bos.

— *spinosa* (Mém. L. de Buch, pl. XVI, fig. 4). Madières, près le Vigan.

Plagiostome (strié)... Madières et Cazevieille, près Alzon.

Echinides (des épines) Cazevieille.

Encrinites Briareus (Mill.). (*Gold.*, tab. LI, fig. 3.) (Très rares dans cet étage.)

Fucoïdes..... Fressac, Blateiras, Alzon, etc.

(b) *Sous-groupe supérieur* (*Calcaire à Entroques*). — Au-dessus du sous-groupe précédent s'observent les assises qui paraissent correspondre d'une manière plus particulière au calcaire à Entroques de l'Auxois, et qui sont également remarquables par la grande agglomération de débris de Crinoïdes, qui lui donnent un aspect lamellaire. Sa couleur la plus habituelle est le gris foncé, passant au rougeâtre et au jaunâtre dans quelques localités. Il a été confondu, jusqu'à ce jour, aux environs d'Alais, avec les calcaires à Enerines, qui forment quelquefois des couches subordonnées dans le calcaire à Gryphées; mais nous ferons observer que les espèces d'Enerines qui caractérisent ces deux roches sont bien distinctes. Le calcaire à Entroques est formé, en totalité, par des débris de l'*Encrinites Briareus* (Miller); tandis que le calcaire à gryphées ne contient que le *Pentacrinites basaltiformis* (Miller). Les autres débris organiques sont aussi très communs dans le calcaire à Entroques; à l'Arbousset, près Anduze, nous y avons recueilli le *Belemnites Blainvillei* à l'état siliceux, de très petites *Térébratules*, des épines de *Cidarite*, un *Plagiostome* strié et plusieurs petits Polypiers. A Larnae, près Saint-Ambroix, sur le bord de la route, on y trouve le *Belemnites sulcatus* (Miller), et à Blateiras, près Anduze, le *Terebratula tetraedra* et des dents de Squales. Nous n'y avons pas observé d'Ammonites.

Ce calcaire est surtout très développé à Saint-Brès et au S. de Saint-Ambroix, où il présente une épaisseur d'environ 50 mètres,

et où il est exploité comme pierre de taille et comme marbre. Au N. d'Alais, aux mines de Saint-Julien et à la Font-du-Roure, on retrouve encore deux petits lambeaux de ce calcaire.

Calcaire à Entroques dolomitique. — Mais plus au S., aux portes d'Alais, au pied de la montagne de Saint-Julien, ce calcaire commence à éprouver une modification qui ne permet pas de le reconnaître au premier abord; il devient dolomitique. Près d'Anduze, à l'Arbousset et aux Martines, on peut voir l'endroit où commence la transformation de ce calcaire.

La dolomie, provenant de la modification du calcaire à Entroques, est bien distincte, quant à ses caractères minéralogiques, de la dolomie infra-liasique; elle est à gros grains, friable, se désagrège entre les doigts avec facilité, et présente des facettes nacrées et cristallines; elle est aussi percée d'un grand nombre de petites cavités dans lesquelles on aperçoit quelquefois des cristaux rhomboïdaux. Elle est fétide par la percussion, comme le calcaire à Entroques, et contient souvent des nodules assez gros de chaux carbonatée spathique et des nodules de silex blanchâtres, évidemment altérés. Cette dolomie constitue une épaisseur régulière de 50 mètres, et n'offre aucune trace de stratification. Un échantillon de cette roche, pris à Figaret, près Saint-Hippolyte-le-Fort, a donné à M. Dufrénoy (1) :

Carbonate de chaux.	50,60
Carbonate de magnésie.	47,20
Résidu insoluble.	4,60
Perte et bitume.	0,60
	100,00

Le calcaire à Entroques dolomitique existe surtout dans l'arrondissement du Vigan et dans les parties limitrophes, où il forme un horizon géologique très remarquable. On le voit couronner constamment le sommet des grands escarpements jurassiques qui s'observent tout autour des terrains anciens des Cévennes, dans les départements du Gard, de la Lozère et de l'Aveyron, et principalement dans les profondes lignes de fracture où coulent l'Hérault, l'Arre, le Trévezel, la Dourbie, la Jonte et l'Aveyron. Dans toutes les localités que nous venons de citer on observe que cette assise dolomitique est horizontale ou très peu inclinée, qu'elle est recou-

(1) *Mém. pour servir à une description géologique de la France*, t. I, p. 223.

verte par les calcaires du groupe oxfordien, et qu'elle repose sur les calcaires à *Fucoides* parfaitement normaux, c'est-à-dire nullement altérés ou modifiés.

Cette dolomie présente les mêmes débris organiques que le calcaire à Entroques; et il n'est pas rare d'en rencontrer faisant saillie sur les parois de cette roche qui ont été longtemps exposées aux influences atmosphériques. Nous signalerons surtout la dolomie des environs de Figaret, près Saint-Hippolyte-le-Fort, celle du sommet de la montagne de Fressac, comme présentant assez souvent des fossiles, mais en général fort altérés.

D'après ce qui précède on voit que le calcaire magnésien présente tous les caractères d'une dolomie formée par la voie du métamorphisme; mais son éloignement de toute masse ignée, et surtout sa position entre des calcaires normaux, nous font penser que la transformation du calcaire à Entroques doit avoir eu lieu d'une tout autre manière qu'on ne l'entend ordinairement. Ce calcaire aurait été métamorphisé dans le fond des mers, au moment même de son dépôt ou pendant qu'il était encore à l'état pâteux; et cela par l'effet de vapeurs magnésiennes ou de sources chargées de carbonate magnésien, qui se seraient élevées du sein du globe à travers les fissures survenues dans les roches inférieures. Nous étendons cette explication à toutes les assises dolomitiques qu'on trouve intercalées dans le terrain jurassique des Cévennes.

Groupe oxfordien. — Le groupe oolitique inférieur est immédiatement surmonté par des assises d'abord argileuses et ensuite calcaires, qui, par leurs caractères paléontologiques, correspondent évidemment aux marnes de l'oxford-clay. D'après cela l'on voit que le groupe de la grande oolite manque complètement dans la partie de la chaîne des Cévennes qui fait l'objet de cette description.

Le groupe oxfordien s'y divise en quatre sous-groupes ou assises distinctes, qui sont, en commençant par la partie supérieure :

(4)	Bancs calcaires, d'un gris clair, plus ou moins jaunâtre, passant quelquefois à la dolomie.	
		Puissance. 50
(3)	Calcaire gris bleuâtre compacte . . .	Puissance. 100
(2)	Calcaire plus ou moins marneux, se divisant en nodules polyédriques irréguliers et alternant avec des marnes grises argileuses. .	Puissance. 30
(1)	Marnes grises feuilletées.	Puissance. 40
Puissance totale du groupe oxfordien.		220

Premier sous-groupe. — Le sous-groupe inférieur se compose de marnes d'un gris cendré, argileuses, feuilletées, se décomposant à l'air, et très effervescentes avec les acides; elles reposent immédiatement sur le calcaire à Entroques ou sur les dolomies qui proviennent de sa modification, et quelquefois même sur le lias, quand l'oolite inférieure vient à manquer, et même sur le terrain triasique, comme à Courry et à Pierremorte, près Saint-Ambroix.

Ces marnes ont une épaisseur très variable, et souvent elles viennent à manquer tout-à-fait. C'est ainsi qu'à la montagne de la Tessonne, près le Vigan, on observe que les calcaires gris qui composent le troisième sous-groupe oxfordien reposent directement sur la dolomie de l'oolite inférieure; il en est de même sur les Caussès de Campestre et Bégon, et, dans la Lozère, sur le Causse Méjan et de Lacan-de-l'Hospitalet. Dans la partie occidentale du département du Gard, les marnes oxfordiennes ne commencent guère à se montrer qu'aux environs de Saint-Hippolyte-le-Fort, dans le vallon de Valatoujès, où elles sont exploitées pour faire des tuiles. On les retrouve aussi entre Anduze et Alais, où elles constituent toute la plaine de Plos; à Blatiès elles forment aussi de beaux escarpements. Mais c'est surtout à la montée de Vinçonnet, près Saint-Ambroix, dans le vallon de Courry et aux environs de la ville des Vans, qu'elles acquièrent leur plus grand développement. Près de cette dernière localité, à Naves, elles présentent une épaisseur d'environ 40 mètres.

Les débris organiques sont assez communs dans ces marnes, et les Ammonites qu'on observe dans la partie inférieure sont presque toujours passés à l'état de fer hydraté; nous y avons recueilli les fossiles suivants :

Belemnites hastatus (Blainv.). (*Pal. fr.*, pl. XVIII et XIX.) Naves (Ardèche).

— *Sauvannausus* (d'Orb., *Pal. fr.*, pl. XXI, fig. 4—10). Naves, Courry.

Ammonites cristatus (Defr.). (*Sow.*, pl. CCCCXXI, fig. 3.) Naves.

— *interruptus* (Schl.). Naves.

— quatre ou cinq petites espèces indéterminées. Naves.

Toxoceras ou *Hamites* (des fragments). Naves.

Apiocrinites rotundus (Miller). Valatoujès, Naves.

Deuxième sous-groupe. — Ce sous-groupe est formé de marnes argileuses, grises, schistoïdes, alternant avec des calcaires marneux, gris, peu solides, d'un aspect terreux, se délitant à l'air et se divisant en boules ou nodules polyédriques irréguliers. Ce

sous-groupe, dont l'épaisseur moyenne est de 25 à 30 mètres, sert pour ainsi dire de passage ou d'intermédiaire entre les marnes et le sous-groupe suivant.

Il est surtout bien caractérisé dans le vallon de Vallatoujès, près Saint-Hippolyte-le-Fort, à Cazalet; près Durfort, aux Martines, près Anduze, et à Naves, près les Vans. Au N.-E. de cette ville, le sommet de la butte des Assions appartient notamment à cet étage.

Il est excessivement riche en fossiles organiques; on y trouve :

Belemnites hastatus (Blainv.). (*Pal. fr.*, pl. XVIII et XIX.) Cazalet, Pierremorte, Naves, etc.

— *Sauvaneus* (d'Orb., pl. XXI, fig. 4—10). Cazalet.

— *Coquandus* (d'Orb., pl. XXI, fig. 11—18). Cazalet.

Nautilus aganiticus (Schl.). Pic de St-Loup (Hérault).

Ammonites canaliculatus (Munst.). Pierremorte, Cazalet, Naves.

— *cristatus* (Defr.). (Sow., pl. CCCCXXI, fig. 3.) Naves.

— *cordatus* (Sow., pl. XVII). Cazalet.

— *quadratus* (Sow., pl. XVII, fig. 3). Cazalet.

— *perarmatus* (Sow., pl. CCCLII). Cazalet, Naves.

— *biplex* (Sow., pl. CCXCIII, fig. 1—2). Cazalet, les Martines, Pierremorte, Naves, etc.

— *Hervey* (Sow., pl. CXCIV). Cazalet.

— *tortisulcatus* (d'Orb., par erreur, *Ter. cré.*, pl. LI, fig. 4—6). Cazalet, Pierremorte, Naves, etc.

Scaphite, nouvelle espèce. Les Martines, pic de St-Loup.

Aptychus, de la famille des *cornei*, *imbricati* et *cellulosi* (Coquand) Cazalet, pic de St-Loup.

Ryncolithes..... Pic de St-Loup.

Mines de fer de Pierremorte. — C'est dans ce sous-groupe que sont intercalées les couches de fer oxydé rouge de Pierremorte et de la Coste-de-Comeiras, dans l'arrondissement d'Alais. Nous ferons remarquer que, bien que ce fait soit local et de peu d'étendue, il n'en constitue pas moins un accident très remarquable au milieu du groupe oxfordien, à cause de l'identité de position qui existe entre ce minerai et ceux de la Voulte, de Privas, de Saint-Rambert en Bugey, ou du Mont-du-Chat, que plusieurs géologues s'accordent à considérer comme un équivalent du *kelloway*. C'est encore dans la même position géologique que se retrouve le minerai d'Ardon, dans les Alpes du Valais, que M. Berthier a fait connaître sous le nom de *chamoisite*, et qui présente la singulière combinaison de silice, d'alumine et de fer.

A Pierremorte on observe deux couches de minerai : la supérieure a une puissance de 0^m,80, et l'inférieure de 2 mètres; elles

ne sont séparées que par une épaisseur de 4 à 5 mètres de calcaire plus ou moins argileux. La couche inférieure est la seule exploitée; elle sert, conjointement avec le minerai triasique du Travers et de la Côte-de-Long, à alimenter les fonderies de Bessèges; le centre de cette couche est composé de peroxyde de fer agatisé rouge, dont l'épaisseur est de 0^m,50; au-dessus et au-dessous, le minerai devient schisteux et se fond peu à peu dans la masse encaissante, de manière à ne plus présenter que des calcaires et des schistes colorés, ou simplement maculés par l'oxyde de fer. MM. Delvaux et Wellekens, membres de la Société des sciences naturelles de Liège, ont trouvé ce minerai composé de la manière suivante :

Peroxyde de fer.	88,57
Silice	7,28
Alumine.	2,48
Eau.	4,28
Potasse	0,64
Traces de manganèse. . .	0,08
	100,00

Si l'on en juge d'après les affleurements, le gisement de Pierre-morte paraît s'affaiblir rapidement vers l'E., où il se termine en forme de coin; de telle sorte qu'il y a apparence que ce dépôt, pris dans son ensemble, doit former un amas lenticulaire au milieu des assises du groupe que nous décrivons (fig. 4).

Aussi, loin de voir dans ce dépôt ferrugineux une formation effectuée par une voie purement neptunienne, adoptant les idées théoriques de M. Fournet sur les minerais de l'Ardèche (1), nous concluons de la répétition constante de ces minerais à une hauteur donnée et sur des points très éloignés les uns de autres, qu'il a dû surgir, pendant la période oxfordienne, des sources et des vapeurs minérales, dont les produits se déposaient autour de leur orifice sans interrompre la marche de la sédimentation générale, et dont la concentration s'affaiblissait à mesure qu'elles s'épandaient sur de plus grandes surfaces, ou qu'elles se mélangeaient davantage avec les eaux marines.

Mines de fer de Saint-Julien-de-Valsalgues. — Nous dirons ici un mot du minerai de fer hydraté de Saint-Julien-de-Valsalgues, près d'Alais, afin de faire connaître la différence qui existe entre ce gisement et celui que nous venons de décrire. Ce gîte consiste en

(1) *Études sur les minerais de fer de l'Ardèche.* — *Annales de la Soc. d'agriculture et d'hist. natur. de Lyon.* 1843.

un immense dyke formant une montagne assez élevée; au N.-O. on observe qu'il est en contact avec le calcaire à gryphées et semble au premier abord contemporain de ce terrain; mais, au S.-E., on voit qu'il a aussi relevé les couches oxfordiennes, et qu'il a aussi injecté les marnes de cet étage. Près de l'ancienne usine de couperose il existe une galerie ouverte dans les marnes mêmes de l'oxford-clay, d'où l'on extrayait le sulfure de fer. Près du Mas de la Roque on rencontre également un lambeau de calcaire à Entroques, qui est encore pénétré de petits filons de fer hydraté.

Il nous paraît donc évident que l'apparition de cet immense dyke doit être placée vers la fin de la période jurassique, et qu'elle coïncide probablement avec l'époque du soulèvement de la chaîne des Cévennes. Nous ajouterons que ce filon nous paraît aussi avoir été éjecté en grande partie à l'état de fer sulfuré et sa surface seule avoir passé à l'état d'hydrate par l'effet d'une épigénie postérieure à son apparition.

Troisième sous-groupe. — Ce sous-groupe est formé d'un calcaire compacte d'un gris bleuâtre, à cassure conchoïdale, et d'une pâte extrêmement fine. Il forme des bancs très réguliers, variant de 0^m,30 à 0^m,50 d'épaisseur, et très nettement stratifiés. Lorsque ces bancs forment des escarpements, ils imitent assez bien, par leur régularité, un ouvrage de maçonnerie ou de grandes marches d'escalier. Cet étage se confond, dans le bas, avec le précédent. Sa puissance moyenne peut être évaluée à 100 mètres. Nous citerons comme un bel exemple de cet étage l'escarpement des rochers de Pierremale et de Saint-Julien, au milieu desquels la ville d'Anduze est bâtie, et qui offrent des plissements et des contournements si remarquables dans leurs stratifications.

Dans l'E. du département, près le Vigan, ainsi que nous l'avons fait observer précédemment, sur les causses de Montdardier, Rogues, Campestre, et sur le causse Noir, cet étage repose directement sur les dolomies de l'oolite inférieure, les deux sous-groupes inférieurs venant à manquer; il en est de même dans la Lozère, sur les causses de Méjan et de Lacan-de-l'Hospitalet.

La pierre qui compose cet étage résiste à l'air, et bien qu'elle soit très vive, se cassant avec facilité, elle est cependant susceptible de fournir de bons matériaux pour les constructions; on l'exploite pour cet usage à la Madeleine, près d'Anduze, à Ganges, à la montagne de l'Ermitage et à Savagnac, près Alais. Elle donne toujours une chaux excessivement grasse. Sur la causse de Montdardier ce calcaire se divise en dalles assez grandes, dont les habitants se servent pour recouvrir et pour paver leurs maisons. Ce

calcaire fournit aussi, dans le même endroit, les belles pierres lithographiques qui, depuis quelques années, sont exploitées avec beaucoup d'avantages à la Falguière, à Naves et au Pouget. Cette pierre a le grain plus serré que celles d'Allemagne, absorbe moins d'eau et résiste facilement à l'acidulation, ce qui facilite beaucoup le tirage. Cette découverte a doté la France d'un produit qui acquiert chaque année un accroissement considérable.

Les débris organiques sont beaucoup plus rares dans ces calcaires que dans les sous-groupes précédents; j'y ai cependant trouvé le *Belemnites hastatus* (Blainv.), l'*Ammonites biplex* (Sow.), *polygyratus* (Rein.), *polyplocus* (Rein.), *canaliculatus* (Munst.) et *tortisulcatus* (d'Orb.), le *Terebratulula biplicata* (L. de Buch), et des *Aptychus* de la famille des *cornei* et *cellulosi* (Coquand).

Quatrième sous-groupe. — Aux bancs calcaires, bleus, minces, qui précèdent, succèdent assez brusquement de puissantes assises d'un calcaire compacte, généralement gris clair, plus ou moins jaunâtre, et qui est entièrement dépourvu de débris organiques fossiles.

Toutefois, nous ferons remarquer que cette dernière assise du terrain oxfordien des Cévennes pourrait bien appartenir au coral-rag, qu'elle supporte dans quelques points, et auquel elle se lie d'une manière intime; mais nous avons cru devoir la rattacher au groupe oxfordien, par suite de l'absence de tous débris organiques, et surtout par la difficulté que nous aurions éprouvée à tracer sur la carte géologique du Gard une limite bien précise entre cette assise et les calcaires bleus qui la supportent et auxquels elle se lie souvent par une transition insensible.

Ce sous-groupe s'observe sur un grand nombre de points des basses Cévennes, couronnant presque toutes les sommités oxfordiennes. Dans l'arrondissement du Vigan, nous citerons, comme exemples de lieux où on peut l'observer, le point le plus élevé du causse de Tessonne, dit le Serre-de-Falguière, le sommet de la montagne du Cengle, près Saint-Hippolyte-le-Fort, et la crête de rochers qui s'étend de là jusqu'à Sumène; il forme aussi le sommet de la montagne de Coutach, près Sauve, et la partie supérieure de la montagne de Pierremale à Anduze. Au pied de la montagne de l'Ermitage, près d'Alais, on l'exploite au bout du pont du marché pour faire de la chaux. Dans le département de l'Hérault, cette assise se trouve aussi très développée à la partie moyenne de la montagne de la Séranne. On la retrouve aussi, en descendant de Saint-Martin-de-Londres au Frouzet; elle est recouverte dans ces deux localité par le coral-rag.

La puissance de cette assise est assez variable ; elle atteint jusqu'à 50 mètres d'épaisseur.

Près de Bérias (Ardèche) les calcaires du bois de Païolive, qui s'étendent jusqu'à Saint-Alban et au-delà de Ruoms, appartiennent aussi à cet étage ; ils présentent la particularité remarquable d'être coupés par de grandes fissures verticales qui les divisent en grandes masses cubiques irrégulières, circonstance qui donne aux roches oxfordiennes de cette contrée un aspect si pittoresque et si varié.

Ces fissures ou lignes de retrait sont de deux sortes : les premières courent du N. au S., en déviant de quelques degrés à l'E. ; ce sont les plus régulières ; elles présentent une largeur moyenne de 4 mètres environ. Les secondes coupent les premières dans la direction du S.-E. au N.-O. ; elles sont à peu près de la même largeur que les précédentes, mais offrent en général moins de régularité.

Cette disposition s'observe encore dans beaucoup d'autres localités, mais d'une manière moins remarquable.

Dolomies oxfordiennes. — Le calcaire qui constitue cet étage est souvent magnésien. Cette dolomie est d'un blanc jaunâtre, assez compacte et à grains fins et serrés ; on n'y aperçoit aucune trace de stratification. Elle constitue des massifs isolés, couronnant souvent de la manière la plus pittoresque les montagnes oxfordiennes. Sur les causses de Campestre, Blandas et Montdardier, près le Vigan, on en trouve de fréquents exemples ; nous citerons entre autres, comme type de dolomie oxfordienne, les crêtes de rochers découpés d'une manière si bizarre du pic d'Angeau, de la Maline et de la Tude.

Groupe corallien. — L'assise de calcaire que nous venons de décrire comme terminant la partie supérieure du groupe oxfordien est recouverte à son tour, dans quelques points seulement, par une puissante assise d'un calcaire que nous rapportons au coral-rag, à cause de ses caractères minéralogiques et paléontologiques. Ce calcaire, en effet, est d'un blanc légèrement jaunâtre, compacte, et présente aussi assez souvent un aspect crétacé ; il contient quelquefois une infinité de petites parties brillantes et spathiques dues à des débris organiques, et qui lui donnent alors un aspect cristallin. Il forme des couches puissantes et, en général, confusément stratifiées.

Près de Ganges, à la montagne de la Séranne, cet étage peut être évalué au moins à 150 mètres d'épaisseur, et il ne nous a été possible d'y établir, malgré cette grande puissance, aucune subdivision.

Les débris organiques qu'on y rencontre , quoique nombreux , sont cependant difficiles à obtenir intacts à cause de leur connexion intime avec la roche. Mais c'est surtout à la surface des couches et sur les parties qui ont été longtemps exposées aux influences atmosphériques , que les fossiles sont à nu et parfaitement dégagés , parce qu'ils ont résisté à la décomposition plus facilement que la roche qui les enveloppe. Ce calcaire est surtout caractérisé par la présence d'un grand nombre de Polypiers appartenant aux genres *Astrea* , *Siphonia* , *Cyathophyllum* et *Columnaria*. Les Dicérates caractérisent aussi ce groupe d'une manière intime ; elles y sont assez abondantes sur la montagne de la Séranne et de Saint-Martin-de-Londres ; mais on ne distingue le plus souvent cette coquille que par les fragments de test contournés , empâtés dans le calcaire. Ces Dicérates sont en général beaucoup plus petites et diffèrent d'une manière notable des coquilles voisines de ce genre qu'on trouve dans l'étage supérieur de la formation néocomienne , et qui ont reçu de Goldfus le nom de *Chama ammonia* , et de M. Alcide d'Orbigny celui de *Caprotina*. Elles nous ont paru se rapporter au *Diceras arietina* de Lamarck.

Le groupe du coral-rag offre en résumé les fossiles suivants :

Diceras arietina (Lamk.). Montagne de la Séranne.

Terebratulula lacunosa? (Schl.). Séranne.

Pecten. Séranne.

Plicatule. Séranne.

Lima. Séranne.

Nerinea. Séranne.

Apiocrinites rotundus (Miller). Séranne.

Cidarite (des épines). Séranne.

Columnaria sulcata (Gold., Tab. XXIV, fig. 9 , a, b, c). Ferrières.

Siphonia (Gold.). Séranne.

Astrea. Séranne.

Cyathophyllum. Séranne.

Les calcaires coralliens ne se rencontrent pas sur le territoire du département du Gard ; mais ils recouvrent , au S. de l'arrondissement du Vigan , dans l'Hérault , une étendue de terrain assez considérable. La partie supérieure de la chaîne de montagnes de la Séranne appartient à cet étage , ainsi que le massif moins élevé , mais parallèle à cette même chaîne , qui commence à Pompignan et s'étend , dans la direction de la rivière de l'Hérault , jusqu'au-delà de Saint-Martin-de-Londres.

Ici se termine , dans les Cévennes , la série oolitique , et nous n'avons rencontré , au-dessus du coral-rag , aucune assise qu'on

puisse assimiler aux groupes kimméridien et portlandien. De plus, on observe que les couches oxfordiennes et coralliennes, lorsqu'elles sont en contact avec celles de la formation néocomienne, ce qui arrive dans un grand nombre de points, sont toujours recouvertes par ce dernier terrain en stratification très discordante; circonstance qui ne permet pas d'établir le moindre rapprochement entre la base de cette formation et le terrain jurassique, comme quelques géologues du Midi ont cherché à le faire.

Nous terminerons ici cette description de la région supérieure ou cévennique du Gard, nous réservant de faire connaître à la Société géologique les divers terrains qui constituent la région moyenne et inférieure de cette contrée, lorsque nous aurons complété l'ensemble des explorations relatives au tracé géologique de la carte du département.

Séance du 1^{er} septembre.

M. le Président proclame membre de la Société

M. Joseph SCARABELLI d'Imola (États de l'Église), présenté par MM. Toschi et de Roys.

M. Teissier, qui a bien voulu se charger de rendre compte de la course de la matinée, à la Grand'Combe, au col de Malpertuis et à la mine de Palme-Salade qui est au pied, où la Société a visité les mines exploitées de fer carbonaté lithoïde, fait en peu de mots la description des lieux parcourus le matin, n'ayant rien à ajouter aux détails donnés par le Mémoire de M. Dumas sur les terrains houillers de l'arrondissement, dont il achève la lecture.

Séance du 3 septembre.

M. de Reydellet rend compte, en ces termes, de la course faite, le 2, dans la partie septentrionale du bassin houiller d'Alais :

L'excursion d'hier de la Société géologique de France, dont je viens vous rendre compte, a eu, comme la précédente, pour but d'étudier le bassin houiller d'Alais.

Conduits par M. l'ingénieur Callon, directeur des établissements de la Grand'Combe, qui a bien voulu mettre à leur disposition son expérience et sa connaissance de la localité, MM. les membres de la Société ont pu vérifier l'exactitude du tableau présenté, dans la séance d'avant-hier, par M. Dumas, sur les différents systèmes de ce terrain houiller.

De la Levade, leur point de départ, remontant sur un développement de 3,000 mètres les ingénieux plans inclinés qui amènent à la Levade les houilles des mines de Champclauson, ils ont vu dans toute sa hauteur l'étage charbonneux du système inférieur, les affleurements de ses couches.

La puissance totale de cet étage serait de 80 mètres environ, dont 9 à 10 mètres de combustible exploitable. Les couches principales de cet étage sont :

La Levade	4,75
Le Lard	0,70
La Trouche	1,50
Les Trois-Mâchoires . . .	1,00
Cinq-Pans	1,25
La Minette	0,50

C'est à partir de cette petite couche que commence la partie stérile du système moyen, qu'on observe sur une hauteur de 150 mètres environ.

Arrivés à l'extrémité des plans inclinés et de l'étage stérile du système moyen, MM. les membres de la Société ont commencé à étudier l'étage charbonneux qui couronne ce système. Après avoir admiré l'ensemble de la belle exploitation de Champclauson, ils ont visité avec beaucoup d'intérêt les travaux de la mine dite Trou-du-Mulet, qui en fait partie.

Partis de la Levade, à 200 mètres au-dessus du niveau de la mer, arrivés à Champclauson, à une hauteur d'environ 400 mètres, MM. les membres de la Société ont encore voulu gravir le sommet au-dessus de la Crouzette, afin de parcourir, dans toute son étendue, le dernier faisceau charbonneux qui s'observe à la Grand'Combe, c'est-à-dire, pour nous reporter au tableau de M. Dumas, l'étage charbonneux du système moyen.

Je rappellerai, avec cet habile géologue, que le troisième et

dernier système ne se trouve que dans le bassin septentrional.

Les couches observées entre Champclauson et le sommet de la Crouzette, d'une altitude de 600 mètres environ, sont au nombre de huit :

Celle de Champclauson.	4,50
Quatre couches, à différentes hauteurs, d'une puissance ne dépassant pas.	0,50
Trois couches échelonnées à partir de 500 mètres environ, sur la hauteur comprise jusqu'au sommet, d'une puissance comprise entre. . .	0,80 et 1,00

Quelques unes de ces couches viennent d'être dernièrement explorées, et deux d'entre elles ont au mur ou au toit des couches de fer carbonaté qui pourront en rendre l'exploitation plus avantageuse.

En descendant de la Crouzette, on retrouve les affleurements de la couche de Champclauson, 25 à 30 mètres plus bas, la seule couche exploitable de l'étage stérile.

En continuant à descendre, MM. les membres de la Société ont traversé la même série de grès stériles qu'ils avaient parcourue en montant à Champclauson par les plans inclinés.

Ils ont cru reconnaître, à la hauteur des Lumières, les traces des affleurements des couches de l'étage charbonneux du système inférieur, et enfin ils ont observé le conglomérat, base de tout le terrain houiller, et les schistes talqueux sur lesquels ils s'adossent.

Arrivés à la rencontre du ravin des Lumières et du Gardon, en face du Mas de la Levade, MM. les membres de la Société ont constaté un très bel exemple de stratification transgressive, entre le terrain houiller qui se termine en ce point et les grès du keuper qui le recouvrent.

M. Dumas nous a fait observer au même point des traces d'exploitation d'hématite brune, qui sont dans une position géologique identique à celle des mines du Travers, qui alimentent les hauts-fourneaux de Bessège, et qui sont caractéristiques de cette partie du trias.

Un orage vint mal à propos s'opposer aux observations de MM. les membres de la Société et terminer leur course,

J'achèverai par une observation personnelle relative au bassin houiller du Vigan.

Le souvenir du rapport de M. Dumas, l'inspection des terrains parcourus, la comparaison des fossiles, me font croire que le bassin houiller du Vigan, que j'ai eu occasion d'étudier pendant trois ans, correspond au système inférieur de la classification de ce géologue.

Ainsi, la présence dans le terrain houiller du Vigan d'abondantes *Næggerathia* concorde parfaitement avec les observations qui classent ce végétal fossile comme caractéristique de son système inférieur.

M. l'abbé Chamousset rend ensuite compte des explorations faites dans la course de la matinée. La Société, en sortant d'Alais, au midi, par la route royale n° 106, a observé un poudingue à très gros nodules provenant de roches plus anciennes, dans lesquelles on observe quelques fossiles brisés et roulés. Le ciment est argilo-calcaire; sur quelques points il devient un peu siliceux. En quittant la route royale pour suivre la route départementale d'Uzès, les premières collines qu'elle a eu à franchir étaient presque entièrement composées de marnes argileuses. Près de Méjane, elle a vu les assises de calcaire lacustre exploitées : les bancs les plus épais, comme pierre d'appareil; les bancs de 15 à 20 centimètres de puissance fournissent des pavés; il y en a de moins épais, qui ne servent qu'à l'entretien de la route. En se rapprochant de Monteil, on trouve une exploitation d'un calcaire assez marneux, en bancs assez minces, dont la surface est naturellement assez unie pour être employée en dalles auxquelles on peut donner les plus grandes dimensions. M. le baron d'Hombres nous a appris que ces dalles se conservaient assez bien dans les lieux couverts, mais que lorsqu'elles étaient exposées aux intempéries de l'air, elles se déliquaient, par la gelée, en feuillets d'un centimètre à moins d'un millimètre d'épaisseur. Cette carrière est séparée de Saint-Hippolyte de Caton par une colline qui offre, de l'autre côté, un calcaire marneux à peu près à la même hauteur, dans lequel on trouve de nombreuses empreintes de poissons, d'insectes, de plantes, de Paludines, Lymnées, Cyclades, parmi les-

quelles se remarquent les *Cyclas Coquandi* et *aquensis*, caractéristiques des terrains gypseux d'Aix; il ne peut donc rester de doute sur l'identité de cet étage avec celui des gypses d'Aix, et les mammifères identiques à ceux des terrains gypseux de Montmartre, trouvés dans le département de Vaucluse, ne peuvent laisser de doute sur le parallélisme de l'étage gypseux du bassin parisien avec celui de Provence et du bassin tertiaire d'Alais. La découverte, dans les marnes à insectes de Saint-Hippolyte de Caton, de rognons calcaires un peu siliceux, mais dont la forme rappelle exactement les Ménilites, a paru à M. de Roys une preuve de plus de l'analogie parfaite de ces terrains. Il pense donc qu'on ne peut douter non plus du parallélisme de la puissante formation lacustre inférieure à ces marnes, qui présente, vers Saint-Chaptes, une puissance d'au moins 4 à 500 mètres, avec le calcaire siliceux (travertin inférieur ou n° 1), qui, au midi de Villejuif, forme à lui seul toute l'épaisseur du terrain tertiaire inférieur, dans le bassin de Paris. Au-dessous de ces marnes, on trouve un grès à ciment calcaire avec conglomérat et des marnes rouges reposant sur le terrain néocomien.

La Société s'est ensuite rendue au château de Saint-Hippolyte de Caton, où M. le baron d'Hombres, son président, lui a offert, avec la plus franche cordialité, un repas dont les honneurs ont été faits, avec autant de grâce que de bienveillance, par madame Ch. d'Hombres, sa belle-fille. M. Teissier, se rendant l'interprète de toute la Société, a porté un toast vivement applaudi au Président de la session, qui en a porté un à M. le baron de Buch, et M. Dumas à nos collègues absents.

La Société, quittant le bassin tertiaire, dont M. l'abbé Chamousset constate la ressemblance avec celui de Chambéry, quoique bien moins puissant, entre dans la combe des neiges, formée de roches néocomiennes. C'est l'étage à *Spatangus retusus*, inférieur à l'étage à *Chama ammonia*. On y a trouvé un *Crioceras*, une Bélemnite plate, une Exogyre, et beaucoup de *Spatangues*. Ce terrain ressemble encore à celui de Chambéry, où l'on trouve cependant, entre l'étage à *Chama* et l'étage à *Spatangues*, des couches de marnes et de grès jaunâtres, et, au-dessous du dernier, un système siliceux à Nérinées natices

et rognons quartzeux. Dans l'étage à *Spatangus retusus* on trouve des géodes de calcédoine avec quartz ou améthystes à l'intérieur. M. de Saporta trouve également les plus grands rapports entre les terrains lacustre et néocomien d'Aix et ceux d'Alais et de Chambéry.

M. d'Hombres annonce qu'il y a une centaine d'années la première Hippurite fut trouvée par l'abbé de Sauvage, classée et décrite par lui dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*.

M. Renaux fait observer certaines différences entre le calcaire néocomien d'Alais et celui d'Orgon, où, excepté les Exogyres, les fossiles sont différents, et où les couches dures ne sont pas séparées par des couches marneuses. M. Dumas répond qu'à Alais les marnes se réduisent ou manquent dans le haut de l'étage, tandis qu'on les trouve dans le bas. Il faudrait chercher à Orgon les couches identiques. M. Chamousset confirme cette observation. Il ajoute que les couches blanches du terrain néocomien vont en augmentant des montagnes jusqu'à la mer. La masse augmente et les marnes intercalées diminuent. Aux environs de Grenoble, d'après M. Dumas, les marnes à Bélemnites plates sont peu développées. Si on observe de grands espaces, les grands caractères de composition et les fossiles sont en général les mêmes.

M. de Malbos dit que les fossiles sont très nombreux dans les montagnes de l'Ardèche, et vont en diminuant à mesure que l'on s'approche du Rhône.

La partie visitée aujourd'hui est la base du système à *Spatangus retusus*, qui repose sur le système à Bélemnites plates. Il existe un étage inférieur encore à ce dernier. C'est un calcaire compacte qui n'a pas encore été signalé à Alais, mais que l'on observe sur la lisière des départements du Gard et de l'Ardèche, où il repose sur le lias. M. de Malbos signale plusieurs Térébratules qui se trouvent dans cet étage. Voici, d'après M. Dumas, quelle est la division, de haut en bas, du terrain néocomien dans cette contrée :

- 1^{er} étage. Calcaire à *Chama ammonia*.
- 2^e — Étage à *Spatangus retusus*.
- 3^e — Marnes argileuses à Bélemnites plates.
- 4^e — Calcaire compacte à *Terebratula diphya*, *Belemnites latus* encore et *Honoratii*.

L'Astérie ou Étoile de mer se trouve vers le point de contact des troisième et quatrième étages.

Le terrain néocomien repose en général sur les terrains jurassiques en stratification quelquefois concordante, mais en général et naturellement transgressive. M. Dumas en cite plusieurs exemples. MM. Renaux et de Malbos disent que la *Terebratula diphya* remonte jusque dans le 3^e étage.

M. de Malbos lit un Mémoire sur les formations géologiques du Vivarais.

*Observations sur les formations géologiques du Vivarais ,
par M. de Malbos.*

Les montagnes cristallines forment une grande partie du bassin du Vivarais, depuis Malbos jusqu'à Tournon; les gneiss et micaschistes, à couches très inclinées, souvent presque perpendiculaires, courant de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E., couvrent la contrée de Malbos à Rocles et des Salelles à Saint-Laurent; des granites ont surgi à Thines, au Petit-Paris, et les grandes chaînes du Mézenc et du Tanargue en sont entièrement composées. Les ramifications du Mézenc s'étendent jusqu'à Andance et Tournon.

Les gneiss et micaschistes, dont les couches sont quelquefois presque perpendiculaires, ont des formes abruptes et présentent des anfractuosités, des précipices effrayants; les granites forment des plateaux dont les flancs, contre lesquels s'appuient les roches précédentes, sont profondément ravinés.

Vers la Lozère, sur les bords du Chassezac, on trouve fréquemment le granite porphyrique avec de grands cristaux de feldspath hémitrope blanchâtre, bleuâtre, rose; le granite ordinaire y est à grains assez grands, jaunâtre ou rougeâtre, contenant beaucoup de feldspath se décomposant facilement. On y voit aussi de grands filons d'un feldspath rose, de granite plus blanc et de trapp. Il en est aussi qui est formé en grande partie de quartz et de mica noir très dur.

Le granite du Tanargue est plus homogène, blanchâtre, contenant souvent de grandes lames de mica blanc.

Celui du Mézenc est à petits grains, avec des mouchetures d'un mica verdâtre. On en voit de très fortes masses sphériques détachées à Châteauneuf-Randon, au Petit-Paris.

Au-dessous de Lagarde, à Valgorge, surtout à Bornes, il y a des

massifs énormes affectant des formes prismatiques et s'élevant à 2 ou 300 pieds de hauteur.

On voit des filons de quartz grenu, hyalin, quelquefois jaspoïde, ayant plus d'une lieue de longueur et dont l'épaisseur est quelquefois de 2 mètres. Leur direction est ordinairement S.-N., ou du S.-S.-E. à l'O.-N.-O.; il en est à Saint-Laurent, Mayre, etc. On y trouve aussi de l'amphibole et des grenats, vers Prades et Montpezat, de chaux fluatée et de baryte.

Le gneiss est riche en filons métallifères; antimoine à Malbos; plomb sulfuré argentifère au Vialat, à Gravières, Thines, Sainte-Marguerite, etc.

Terrain houiller. — Le terrain de sédiment le plus ancien du Vivarais est la formation houillère. La partie inférieure est en conglomérat qui s'appuie sur les gneiss de Malbos, et qui est composé des débris des roches environnantes. C'est de ces massifs que le torrent de Ganières enlève les paillettes d'or que l'on trouve dans la Cèze.

Des veines de cailloux de quartz blanc, de sable et d'argile, de géodes ferrugineuses, de baryte, recouvrent ces gros blocs; bientôt succèdent les grès, les schistes, avec des couches de houille et de fer carbonaté.

Le bassin de Banne ne renferme que trois couches de houille dont la plus forte n'a qu'un mètre d'épaisseur.

Empreintes magnifiques de *Calamites*, *Sigillaria*, *Lepidodendron*, *Næggerathia*, etc. Après l'époque de la formation houillère, il y a eu de forts soulèvements et une forte compression dans le sens de la longueur du bassin, de sorte que les couches schisteuses sont fort tourmentées sur les bords et beaucoup moins vers le centre.

Il est un autre bassin houiller à Prades, à 2 lieues d'Aubenas; mais la houille ressemble à de l'anthracite et contient quantité de pyrites.

Grès bigarré. — Cette formation se voit à Banne, reparaît aux Vans et forme une lisière plus ou moins large, qui se dirige vers Joyeuse, Largentière, Aubenas, l'Escrinet, et va se perdre sous le calcaire à une lieue au-delà de Privas.

Ce terrain forme des collines arrondies, bien plus abruptes aux environs de Privas, et s'appuie en stratification discordante sur la formation houillère, sur les gneiss et le granite.

Ce grès varie beaucoup dans ses parties constituantes, sa dureté, sa couleur.

Il est très quartzeux et forme même un conglomérat, où j'ai vu

des micaschistes de près d'un mètre de longueur dans le lit profond du Chassezac aux Salelles.

A Montréal, au N. de Largentière seulement, ses couches inférieures sont formées d'un sable micacé rouge très ferrugineux, rempli de tiges de *Fucoïdes*.

On y trouve des traces de houille qui ont occasionné à Privas des recherches très coûteuses et qui n'ont eu aucun résultat.

Un peu au-dessus de ces couches est un calcaire dolomitique grisâtre, le plus souvent comme bulleux, un peu cristallin; il est ordinairement entre des couches très sinueuses d'un schiste noir, luisant, qui ont quelquefois plusieurs mètres de puissance, et couvertes d'efflorescences de sulfate de magnésie.

C'est dans ces couches dolomitiques et dans quelques strates des grès qui les recouvrent que se trouvent les filons de plomb argentifère autrefois exploités à Largentière.

Ce calcaire n'est à découvert que dans le lit profond de nos rivières, dans Chassezac, sous l'église des Salelles, dans Baume à la Crotte, dans la ligne aux ponts de Montréal et de Largentière; dans l'Ardèche, à Ussel et à Platares, au-delà de l'Escrinet.

Les couches de grès, moyennes et supérieures, alternent souvent avec des argiles sablonneuses, vertes, rougeâtres, violettes. Une des couches les plus supérieures est un grès blanc quartzeux, à grains très fins et homogènes, qui fait une belle pierre de taille; j'y ai trouvé quelques empreintes un peu confuses d'une bivalve. Ce grès se trouve à Banne, aux Vans, à Chambonas, La Blachère, Aubenas et Ussel.

Un autre calcaire se voit à la jonction avec les terrains primitifs aux Salelles, Saint-Pierre et Senilhac; il est tantôt grisâtre, tantôt rougeâtre, zoné, cristallin, quoique terne, et répand pendant longtemps, par le frottement, une odeur fortement phosphorique.

Sur ce calcaire est un schiste argileux blanc où l'on trouve quantité de quartz mamelonné, géodique, passant à la calcédoine; l'intérieur est tapissé de cristaux et contient du kaolin où de l'oxyde noir de maganèse.

Enfin, ce grès bigarré se termine par des rognons ou des couches épaisses d'une roche jaune, très pesante, qui ne paraît composée que d'argiles dendritiques, souvent à cellules quadrangulaires fermées par de minces cloisons spathiques.

Dolomie. — La couche la plus ancienne de nos terrains secondaires, et qui s'appuie en stratification concordante avec le grès bigarré, est une dolomie d'un brun rougeâtre un peu cristallin, à

couches épaisses, cavernieuses et à grands retraits ; cette roche ne se trouve dans le Vivarais qu'à la Bildoire , et entre Vinezac et Largentièrre. J'ai trouvé à la Bildoire le filon de zinc et de plomb que l'on a exploité à Robiac ; cette dolomie ne renferme aucun fossile.

Infra-lias. — L'infra-lias est en général composé de couches assez minces d'un calcaire gris sombre, quelquefois blanchâtre, ayant souvent un aspect cristallin ; les couches inférieures ne sont point fossilifères et ont une puissance d'environ 150 pieds à Privas, sur la route du Pouzin ; les couches supérieures contiennent plus de fossiles qu'aucune formation du Vivarais ; on y trouve plusieurs Polypiers, des Encrinites, une belle Pinne-marine, des Pectens, des Pholadomies, Modioles, Vénus, Trochus, trois Plagiostomes (le *Giganteus*), deux *Ostrea*, deux Oursins, une superbe Encrine à dix rayons, etc., une Ammonite et une Térébratule.

L'infra-lias est à découvert à Labarese, Veyras, Aubenas, et de la Chapelle à la croisée de Largentièrre ; on peut en observer deux faibles lambeaux à Bouchard, près de Joyeuse, et à la Bildoire, commune de Banne.

Une couche d'environ deux pouces d'épaisseur est couverte de fossiles et se retrouve exactement la même sur des points très éloignés ; le calcaire de quelques couches qui lui sont supérieures est en petites boules, comme si c'était des cailloux roulés.

Le lias recouvre cette formation ; les couches inférieures ne contiennent d'autres fossiles que la *Gryphæa arcuata* ; ce calcaire est fort dur, très pesant, bleuâtre, cristallin, et renferme beaucoup de silex en plaques, en rognons.

Le lias inférieur se trouve à Privas, à Aubenas, à la Croisée de Largentièrre, près d'un four à chaux, et l'on en voit deux placages, l'un à Banne et l'autre fort près, aux Avelas.

Le lias supérieur est très cristallin, surtout quelques couches qui sont un marbre tout composé d'Entroques et d'Encrinites, coloré en rouge par le fer à Laurac, à Banne, et noirâtre entre Saint-Ambroix et Alais : on y trouve six Térébratules, plusieurs Ammonites, deux Nautilus ; c'est dans ces couches que l'on voit les premières Bélemnites ; quelquefois ce calcaire devient si ferrugineux qu'on peut l'exploiter, comme on peut le voir aux Avelas. J'aurais dû mentionner au-dessous de ce calcaire cristallin une couche d'un calcaire à pâte fine, un peu argileuse, marbrée de gris et bleu brunâtre, qui renferme quelquefois des poissons fossiles.

Aux Avelas, au-dessus de la couche cristalline à Entroques, est un calcaire à zones brunes et noires, extrêmement bitumineux,

qui forme un marbre ressemblant beaucoup à du bois pétrifié et renfermant de l'huile de pétrole dans des cavités d'Ammonites et de Térébratules.

Sur ces couches cristallines s'est moulée une roche légère, composée d'argile et d'un sable ferrugineux qui passe au grès siliceux; on y voit souvent les creux de Bélemnites qui ont été entièrement dissoutes, fait à remarquer, parce que M. Deshayes dit que jamais il n'a été observé.

Les couches des calcaires dont je viens de parler ne forment, là où elles sont à découvert, qu'une zone étroite entre le grès bigarré et les marnes de l'oxford-clay dont je vais m'occuper: elle a deux ou trois cents pas à Banne, et une demi-lieue à Chassiers et à Aubenas.

Oxford-clay. — La formation du lias est recouverte par les marnes grises feuilletées de l'oxford-clay, qui ont une puissance d'environ 60 pieds; dans les couches inférieures, on trouve quatre Ammonites pyriteuses, un Nautilé, un Hamite, une Nucule et trois Bélemnites.

A ces marnes feuilletées succède une marne plus compacte avec de grandes Ammonites.

Au-dessus, il y a une alternance de calcaire plus ou moins marneux, avec des marnes grises très feuilletées; ces couches renferment un grand nombre d'Ammonites, *A. armata*, *A. biplex*, etc.; deux Oursins, deux Térébratules très rares, une Entroque, une Bélemnite, etc. C'est dans ce calcaire marneux que se trouve le fer oligiste exploité à La Voûte et à Peyre-Morte. Ces marnes et calcaires marneux ont environ 130 pieds de puissance.

Je divise en trois étages le calcaire compacte de l'oxford-clay qui recouvre ces calcaires marneux.

Le calcaire gris inférieur a une stratification très régulière d'environ une centaine de couches de 1 pied à 18 pouces, et son épaisseur est d'environ 120 pieds; vers la partie supérieure, trois Ammonites, deux *Aptychus*, deux Polypiers très rares.

Il est recouvert par un calcaire blanc très pur, puisqu'il contient 96 centièmes de chaux carbonatée; ce calcaire est très caverneux, à retraits fort considérables, ce qui, joint à la dégradation causée par les influences atmosphériques pendant des milliers de siècles, lui donne l'aspect de ruines magnifiques.

Il a une puissance d'environ 90 pieds.

C'est dans ce calcaire qu'est l'admirable forêt de Païolive. Presque point de fossiles; sur un seul petit point trois Ammonites

et deux Térébratules , entre autres une *diphya* d'un terrain bien inférieur.

Cette formation recouvre ce que j'appelle le calcaire gris supérieur, ressemblant beaucoup à l'inférieur par sa couleur et sa constitution minéralogique ; mais il n'est pas stratifié si régulièrement : on y trouve quelques Bélemnites et Térébratules dont la surface est siliceuse.

La puissance de ce calcaire est d'environ 60 pieds.

Les chaînes de ces calcaires courent de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E.

Terrain néocomien. — Dans la partie inférieure du calcaire gris dont je viens de parler sont des couches très régulières, dont quinze environ sont exploitées comme pierres de taille magnifiques.

Ces couches paraissent la base du calcaire précédent , mais elles renferment grand nombre de fossiles qui doivent les faire comprendre dans le terrain néocomien.

L'on y trouve la *Cidaris coronata*, deux Spatangues, un Pecten, un *Aptychus*, un Plagiostome, cinq ou six Ammonites, quatre Bélemnites, l'*extinctorius*, *Blainvillii*, *Honoratianus*, etc.; sept Térébratules, dont les plus caractéristiques sont la *diphya*, la *contracta*; des dents de poissons cornées, des Rhyncolithes, etc. Des marnes grises feuilletées, ressemblant beaucoup à celles de l'oxford-clay, sont superposées à ce calcaire ; les couches les plus inférieures contiennent quelques uns des fossiles dont je viens de faire mention, mais on n'en trouve plus dans les nombreuses couches qui leur sont superposées ; deux ou trois couches isolées et très minces d'un calcaire dur offrent beaucoup d'empreintes de plantes : j'y ai trouvé une superbe Astérie ; elles ont environ 160 pieds d'épaisseur.

Au-dessus de ces marnes feuilletées sont, comme dans l'oxford-clay, des marnes plus compactes où l'on voit aussi de grandes Ammonites.

Elles sont surmontées par plus de 200 strates d'un calcaire marneux affectant la forme sphérique ; bleuâtre vers le centre, ayant plus d'un pied d'épaisseur, ce calcaire fait une bonne chaux hydraulique, et contient beaucoup de fossiles dans la partie supérieure.

On y trouve le Spatangue *retusus*, la *Gryphæa aquila*, deux belles Pholadomyes, une grande Pinne-marine striée, deux Gervillies, trois Ammonites, etc., etc.

Le calcaire à *Chama ammonia* recouvre cette formation vers les montagnes de Barjac ; vers Cruas, sur les bords du Rhône, c'est le calcaire à *Nizoa*, le même que celui de Nîmes.

A Cruas, je n'ai trouvé, dans les marnes supérieures, qu'une *Gryphæa aquila*, aucune des bivalves de la Serre, et les *Nizoa* n'ont pas le quart de la grandeur de ceux de Nîmes; on ne trouve avec les *Nizoa* que deux Ammonites et un Nautilé excessivement rares, ce qui me semble prouver que ces marnes et les couches supérieures se déposaient dans une mer très profonde. Il n'en est pas ainsi pour les calcaires de la Serre. Ce calcaire est grenu, saccharoïde, très oolitique, et forme un marbre brocatelle blanc, jaune de miel, rouge pointillé; les grains oolitiques varient de grosseur depuis celle d'un grain de millet à celle d'une amande. Vus à la loupe sur un échantillon poli, ils paraissent ronds, ovales, ou un peu aplatis, et souvent à couches concentriques; tantôt l'intérieur est blanc et translucide, tantôt d'une couleur foncée.

On distingue dans ce calcaire une variété innombrable de madrépores rouges, blancs, jaunes, de coquilles microscopiques ou fragments de coquilles et autres corps marins indéterminables. Dans certaines couches on observe de très petits morceaux de quartz hyalin qui paraissent avoir été roulés.

Ce calcaire renferme une *Ostrea*, des Nérinées, des *Chama ammonia*, etc. Il peut avoir de puissance environ 60 pieds.

Grès vert. — Il n'y a dans le Vivarais que de faibles lambeaux du grès vert, formant des collines isolées à Meisse, Rochemaure, Viviers, le bourg Saint-Andéol, Salaras et Vagnas.

C'est dans ce dernier lieu que l'on peut en faire l'étude la plus intéressante.

Dans les plus basses couches marneuses, un grand Nautilé; dans les marnes un peu au-dessus, la Bélemnite *semi-striatus*, des Plicatules; dans des marnes noirâtres supérieures, une Gryphée, de grandes Ammonites et un Nautilé; vers la partie moyenne, à sables et grès colorés, une grande *Ostrea*, des lignites; vers le sommet, de vastes bancs d'Hippurites, de Madrépores et de Polyptéris.

Calcaire d'eau douce. — Le calcaire d'eau douce de l'époque miocène, qui occupe une grande partie des dépressions du Gard, de l'Hérault, de Vaucluse, du Var, des Bouches-du-Rhône, ne se trouve, dans l'Ardèche, qu'à Brujas, Vagnas et Saint-Sauveur. Les couches de ce terrain sont un conglomérat alternant avec des grès terreux et de fortes couches d'argiles sablonneuses; ce conglomérat est entièrement composé de fragments roulés de roches néocomiennes, et les bancs argileux sont des marnes néocomiennes remaniées: aussi y trouve-t-on tous les fossiles roulés de

cette formation. Le calcaire superposé à ce conglomérat forme des couches de 1 à 2 pieds d'épaisseur ; la roche est grenue , blanche , tendre , et se taille si parfaitement que l'on en fait de très belles constructions.

Quelques unes de ces couches sont très bitumineuses et oolitiques ; les grains sont très petits , à peu près égaux , faiblement agglutinés , et la roche en est entièrement composée.

Quelques couches contiennent beaucoup de silex pyromaque , quelquefois résinite , en rognons , et dans quelques localités il forme des couches d'environ 2 pouces d'épaisseur ; les coquilles fluviatiles et terrestres y sont parfaitement conservées.

Certaines strates sont remplies de tubulures , surtout dans leur moitié inférieure.

Terrain lacustre , nouveau pliocène. — Un lac ou plusieurs petits lacs existaient sur les plateaux calcaires du Coiron lors de l'éruption des volcans qui les ont recouverts de cendres , de laves et de basaltes. J'ai observé cette formation sur les flancs des montagnes de Roche-Sauve , du mont Charay , de Porchères et de Creisseilles ; des couches de pouzzolane , de tripoli , de scories très légères , comblèrent successivement ce lac.

Il n'est presque pas de feuilles minces de ce tripoli qui n'offrent l'empreinte de végétaux qui croissent encore sur ces montagnes , et souvent de beaux poissons ; on peut y reconnaître des feuilles de châtaignier , de peuplier , de saule , de persicaire , etc.

Ces couches sont recouvertes par les basaltes qui couronnent le Coiron , et les lambeaux que l'on remarque sur les pentes rapides , ainsi que les couches de cailloux , de granite , prouvent les dénudations immenses qu'ont éprouvées ces montagnes.

Terrains volcaniques. — Les volcans du Vivarais ont été si souvent étudiés par les géologues les plus distingués , que je crois inutile , surtout dans le court résumé que je fais de toutes nos formations , de trop m'étendre sur tout ce que l'on y observe d'intéressant. On a souvent décrit les petits et nombreux cônes isolés du plateau du Mézenc et des énormes fissures où coulent l'Ardèche , la Volane , les rivières de Jaujac , Montpezat et Burzet , ainsi que les trois cratères si bien conservés de Jaujac , la Gravène , Antraigues , et ces curieuses masses basaltiques couvrant toutes les sommités des montagnes qui entourent Privas.

Il serait cependant à désirer que l'on eût fait une étude suivie de ces filons , de 1 à 4 mètres d'épaisseur , si réguliers , et longs souvent de plus d'une lieue , qui forment des dykes très curieux en plusieurs endroits : on en compte quatre de Vaisseaux au col de

l'Escrinet; un très remarquable qui coupe les anciens produits volcaniques du mont Charay, et se prolonge dans les marnes de l'oxford-clay de Saint-Priest; plusieurs à Roche-Sauve, Saint-Pierre-la-Roche, à Saint-Vincent-de-Barès; un de ceux-ci a coulé dans une de ces longues cavernes qui servent de lit à des rivières souterraines, et on peut l'étudier à sa sortie, à une demi-lieue de Cruas, sur les bords du Rhône.

Je ne sache pas que l'on ait aussi remarqué que ces produits volcaniques avaient traversé toutes les formations du Vivarais; peut-être sur aucun point du globe on ne trouverait, dans un rayon de quelques lieues seulement, des volcans qui aient surgi dans des terrains si différents: ainsi, les volcans du Mézenc se sont fait jour à travers le granite; les deux petits cônes volcaniques de Loubaresse, les seuls au midi du Tanargue et ignorés des touristes, s'élèvent au milieu des micaschistes; la coupe de Jaujac sort du terrain houiller; à l'Escrinet surtout, à Porchères, à Creisseilles, les volcans ont traversé le grès bigarré; à Mirabel, à Freycinet, ils ont surgi des roches de l'oxford-clay; les volcans de Roche-Sauve, Saint-Pierre-la-Roche, Saint-Vincent-de-Barès, ont traversé les marnes néocomiennes; à Rochemaure les basaltes sortent du grès vert; et enfin sur plusieurs points du Coiron, Roche-Sauve, le mont Charay, Porchères, les produits volcaniques se sont fait jour à travers les couches d'un terrain lacustre, nouveau pliocène.

Dépôts diluviens. — Les bornes étroites que je me suis imposées dans cet exposé de nos formations géologiques ne me permettent pas de rapporter les observations contenues dans un Mémoire que M. Élie de Beaumont a présenté à l'Académie des sciences.

Je signalerai seulement les faits les plus remarquables.

Les dépôts diluviens sont composés des mêmes roches que les rivières actuelles entraînent dans les vallées, et sont des débris des seules montagnes de la Lozère, du Tanargue et du Mézenc qui entourent le bassin du Vivarais. Chacun de ces courants a laissé pour ainsi dire sa traînée de dépôts, non seulement dans les vallées mais encore sur les plateaux des montagnes.

L'irruption a été brusque, puisque sur les trois points de Chassezac des masses énormes, de 40 à 50 pieds de hauteur, ont été enlevées et déposées à 100 ou 150 toises des plateaux d'où elles furent arrachées. Il n'y a point d'autres blocs erratiques.

Un fait bien remarquable, c'est que ces dépôts diluviens ne renferment aucun fragment calcaire, quoique tous ces débris aient traversé des formations calcaires de plusieurs lieues d'étendue; serait-ce parce que les premières masses d'eau balayèrent tous les

fragments calcaires, et que les roches cristallines ne formèrent ces dépôts que lorsque le courant devenait moins fort ?

Je pense qu'il y a eu plusieurs cataclysmes dans le Vivarais ; dans plus de cinquante grottes j'ai observé des cailloux de quartz roulés, amenés là par un cataclysme, et plus tard brisés et amoncelés par un autre.

La profondeur où j'ai trouvé des fragments de poterie et des fragments de charbon sous des stalagmites ; l'inspection de stalagmites formées sur des dépôts diluviens, et qui, renversées par les hommes, avaient un nouveau cône sur leur base ; l'épaisseur, sur des roches nues, de débris calcaires arrachés par les racines des végétaux et par les influences atmosphériques, me portent à croire que le dernier cataclysme ne s'éloigne guère d'une époque de sept à huit cents ans.

C'est sans doute à un déversement des eaux de lacs et de marais à l'époque d'un soulèvement que l'on doit attribuer les dépôts diluviens du Vivarais.

Je n'ai pu, malgré l'examen le plus minutieux, trouver aucun débris d'êtres organisés dans ces dépôts.

Alluvions.—Je ne ferai qu'une seule observation sur les terrains d'alluvion du Vivarais : les grands dépôts d'alluvions se forment là où une rivière est coupée à angle droit par une rivière plus considérable, comme au confluent de Chassezac dans l'Ardèche ; soit dans les larges vallées où les montagnes, en se rapprochant brusquement, forment un rétrécissement considérable, comme à Rivière-de-Térargues, sur les bords de la Cèze.

A l'inspection des troncs de vieux arbres recouverts par le limon, je me suis convaincu que les dépôts modernes étaient beaucoup plus considérables que les précédents ; les excoriations du sol dans bien des vallées ont été aussi plus fortes dans ces derniers temps : je pense que la cause de ces changements et la diminution des sources doivent être attribuées aux défrichements qui, dénudant le sol, rendent les inondations plus désastreuses.

Observations. — Le grès bigarré, l'infra-lias, le lias, l'oxford-clay et la formation néocomienne sont en stratification concordante ; l'inclinaison de cet ensemble de formations est de 4 à 6° vers le S.-E. Dans tout le bassin du Vivarais et même dans celui de la Lozère on voit quelques perturbations locales qu'il est facile d'expliquer.

Au S. de la plaine de Bérias, sur l'axe même de la chaîne néocomienne de la Serre, un soulèvement survenu après la formation lacustre a produit une inclinaison en sens contraire, vers le

N.-O., d'environ 20°; mais cette inclinaison n'est plus si régulière que la précédente, comme on peut l'observer des montagnes de la Serre jusqu'à Nîmes

La mer était peu profonde dans le bassin du Vivarais quand l'infra-lias se déposait; on n'y trouve qu'une Ammonite et une Térébratule excessivement rares; les nombreux fossiles de cette formation sont tous des coquilles de rivage et des Polypiers. J'ai fait une remarque qui vient à l'appui de ce que j'avance sur le peu de profondeur de la mer à cette époque: sur quelques couches du lias inférieur à découvert, dans des ravins, la surface est tout ondulée, et l'on reconnaît parfaitement les rides produites par le clapotage des eaux.

Un abaissement lent, lors du dépôt des couches supérieures du lias, fit disparaître une grande partie des coquilles de rivage, et plusieurs Ammonites et Térébratules les remplacèrent.

Les bancs d'une mer encore plus profonde formèrent les marnes et calcaires marneux de l'oxford-clay, où l'on ne trouve plus que des Ammonites et des Nautilus; des Térébratules y sont excessivement rares.

Presque point de fossiles dans les calcaires compactes de l'oxford-clay; deux ou trois Ammonites fort rares.

La mer était-elle plus profonde, ou plutôt y avait-il plus d'acide carbonique, de chaux carbonatée, et précipitation plus accélérée de ces dépôts, qui s'opposaient à la production d'êtres organisés?

Lors du dépôt des couches néocomiennes inférieures, mer assez profonde, où cependant quelques bivalves sont associés à un grand nombre d'Ammonites, de Bélemnites et surtout de Térébratules.

La mer devint si profonde lors du dépôt des boues qui ont formé les marnes néocomiennes, que dans leur partie moyenne, qui a une grande puissance, on ne trouve aucun fossile.

Dans la partie supérieure, grand nombre de Nautilus et d'Ammonites.

Dans le calcaire marneux qui recouvre ces marnes, les Gryphées, les Gervilies, les Pholadomyes, mêlées à des Térébratules et à quelques rares Ammonites, annoncent que déjà la mer a moins de profondeur.

Bientôt les Ammonites, Nautilus, Bélemnites disparaissent entièrement dans le calcaire compacte, et sont remplacés par des Foraminifères, des Huîtres, des Nérinées, qui prouvent un soulèvement assez prompt.

Enfin les couches supérieures sont composées presque en entier

de Madrépores et de Polypiers qui devaient vivre à la surface des mers.

Les boues qui ont formé les marnes du gault, partie inférieure du grès vert, annoncent de nouveau une mer assez profonde, où vivaient beaucoup d'Ammonites et de Nautilus.

Bientôt des *Ostrea*, des lignites, annoncent que la formation s'exhaussait, et les couches supérieures, composées d'Hippurites, de Madrépores et de Polypiers, se multiplièrent à la surface des mers.

Ce soulèvement graduel et peut-être subit, vers la fin de cette période, éloigna les mers de nos contrées, et des lacs remplirent toutes les dépressions, jusqu'à ce que de nouvelles perturbations, de nouveaux abaisséments firent refluer les mers qui déposèrent les dépôts tertiaires marins à une certaine distance des rivages actuels dans le Midi de l'Europe, dans l'Asie-Mineure et sur la côte septentrionale de l'Afrique.

Je ferai observer, à l'appui de ce que j'ai avancé, que beaucoup d'Ammonites, la *Gryphæa aquila*, etc., vont en augmentant de grandeur vers les couches supérieures; quand ces fossiles ont reçu pendant un assez long période d'une formation la lumière plus intense, les influences atmosphériques n'ont pu que donner plus de développement aux êtres organisés qui y furent exposés.

Il est quelques faits que je vais seulement indiquer, et sur lesquels je voudrais attirer l'attention des géologues. Comment se fait-il que des dépôts calcaires se soient formés sur des détritits de roches, sur des argiles, sans qu'il y ait le moindre mélange avec ces débris? Je puis citer des couches de l'oxford-clay reposant sur des détritits du gneiss de la montagne de Barri, près des Vans; pas le moindre débris n'est mélangé avec la pâte calcaire qui vient s'y déposer. L'affinité chimique peut-elle seule résoudre cette difficulté?

Pourquoi des chaînes de montagnes calcaires présentent-elles des escarpements d'où l'on ne voit pas que des blocs aient roulé dans les vallées qu'elles dominent, vallées fermées de toute part? Je pense que des courants maritimes ou des courants d'eau douce enlevaient sur les formations inférieures la pâte calcaire avant qu'elle fût consolidée; et ce qui le ferait présumer, c'est que je connais des caps avancés de montagnes primitives où deux courants devaient former un remous où des dépôts de l'oxford-clay sont venus s'appuyer, recouvrant les formations antérieures.

Dans un mémoire aussi succinct je ne puis que parler rapidement des lignes de retrait que j'ai observées, dans sept formations, dans

un espace de deux à trois lieues de longueur ; ces lignes de retrait, plus ou moins larges, plus ou moins régulières, forment plus souvent des rhomboïdes parfaits et ressemblant à un pavé très régulier. Je ferai surtout remarquer que ces rhomboïdes ne se fendent facilement que dans le sens de leur longueur, à peu près de l'E. à l'O.

Le gneiss n'est pas coupé par des lignes de retrait faciles à observer ; cependant j'en ai trouvé d'une grande régularité ; ces lignes courent du S. au N. avec un angle de 3 à 4° vers l'O., et sont traversées par d'autres qui se dirigent du S.-O. au N.-E.

Dans le terrain houiller, des lignes de l'E. à l'O. sont coupées par d'autres qui vont du S.-S.-O. au N.-N.-E.

Dans le grès bigarré, des fentes parallèles courent du S. au N. 4° vers l'O. ; les lignes qui les coupent s'observent rarement ; cependant j'ai vu de véritables rhomboïdes à Joyeuse et à Ussel.

Le calcaire du lias est traversé par des fentes de l'E. à l'O. et par d'autres qui se dirigent du S.-S.-O. au N.-N.-E.

Le calcaire de l'oxford-clay et celui du néocomien inférieur ont leurs fentes du S. au N. avec un très petit angle vers l'E., et elles sont coupées par des lignes allant de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E.

Le calcaire néocomien à *Chama ammonia* est fendillé dans tous les sens et n'a pas de strates très régulières ; cependant on y distingue quelques grandes fentes parallèles de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E., mais on trouve cette direction très marquée dans le calcaire marneux qu'il recouvre et qui appartient à la même formation. Ces fentes, très visibles de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E., sont coupées, dans certaines couches, par d'autres allant du S. au N. avec un angle faible vers l'O.

Les lignes de retrait du calcaire lacustre de Vagnas et de Barjac se dirigent du S.-E. au N.-O. et du S. au N.

Les oscillations du courant magnétique vers l'E. et vers l'O. ne rendraient-elles pas raison de la différence de direction des retraits ?

Le Président annonce trois présentations.

Séance du samedi 5 septembre.

Le Président proclame membres de la Société :

MM.

MASSIN (Albin), professeur au collège de Romans (Drôme) ;

GAFFARD, pharmacien, à Aurillac (Cantal);

Le Baron DE SERRES DE MONTEIL, à Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme);

Présentés par MM. Aubéry et Doublier.

Les journées du 4 et du 5 septembre ont été employées à une course à Saint-Ambroix et à Bessège, dont il ne sera possible de rendre compte que dans la séance suivante.

Le Secrétaire lit l'extrait suivant d'une note de M. Gœppert :
Sur la question de savoir si les houilles sont le produit de végétaux ayant péri sur place, ou de végétaux transportés d'ailleurs.

Jusqu'à présent on n'avait trouvé ça et là dans la houille que des plantes fort mal conservées, et on ne pouvait faire quelques conjectures sur l'origine de la houille que par l'inspection des plantes conservées dans les schistes; mais M. Gœppert a trouvé dans des couches mêmes de houille, en Silésie, de nombreux exemples où des Sigillaires, des Calamites, des Nœggerathia, des Lycopodiacées, sont si bien conservées, qu'il était facile d'en discerner les espèces à l'œil nu. Les tiges s'y trouvent comprimées les unes sur les autres. Il n'y a point ordinairement de parenchyme, quoique quelquefois il soit possible de distinguer au microscope les cellules parenchymateuses dans le parenchyme converti en charbon. Dans l'anhracite fibreux, ou charbon de bois minéral, on trouve des tiges comprimées, longues d'un pied et plus, où on reconnaît la texture des Araucaria; M. Gœppert les a nommées *Araucarites carbonarius*. Il a reconnu du charbon de Sigillaires, d'Araucaria, de Lépidodendrons, ce dernier rare. Il pense que les Sigillaires, les Stygmaries, les Lycopodiacées, dont le parenchyme est mou, commençaient à se dissoudre lorsque les *Araucaria*, plus durs, par conséquent moins désagrégés, furent empâtés en fragments dans la masse charbonneuse; et à la loupe on y retrouve la structure ligneuse et les rayons médullaires. M. Gœppert a reconnu, dans les diverses houillères de Silésie, quatre-vingts espèces de plantes dans la houille même, et il y a toujours une certaine conformité dans la manière dont elles sont groupées. Cette distribution toujours régulière sur des

espaces de plusieurs myriamètres, les troncs encore droits, prouvent un mode de formation tranquille. La végétation la plus luxuriante, dans une plaine de même étendue, n'aurait pu suffire à la formation de couches qui atteignent 10 et même 20 mètres. M. Gœppert partage donc l'opinion de MM. de Luc, Stéphens et Élie de Beaumont sur l'analogie du mode de formation des houillères et celle des tourbières actuelles par la voie humide.

M. Gœppert conserve d'autant moins de doute, qu'en faisant bouillir pendant plusieurs mois des végétaux, ils se changent d'abord en lignite, puis noircissent et prennent une consistance tout-à-fait semblable à celle du charbon de terre, si on y a ajouté un centième de leur poids de sulfate de fer.

M. Gœppert termine en disant qu'il pense que le mode de formation des sphérosidérites (*sidéroses*) est analogue à celui des limonites actuelles.

Il ajoute enfin qu'il pourrait fournir des échantillons aux personnes qui en désireraient.

M. de Roys lit la note suivante sur les terrains tertiaires du département du Gard :

*Note sur la comparaison des bassins tertiaires du Midi
avec celui de Paris.*

Dans son *Mémoire sur les terrains tertiaires du midi de la France*, M. Dufrénoy a constaté l'identité du calcaire grossier de Bordeaux avec celui de Paris. Il a observé ensuite la grande formation lacustre qui s'étend dans tous les bassins du Midi ; elle recouvre en partie le calcaire grossier de Bordeaux, et plonge à Sommières sous le calcaire marin, connu sous le nom générique de molasse, que M. Dufrénoy considère comme l'équivalent de l'étage des sables et grès marins de Fontainebleau. Il nous paraît d'après cela qu'il aurait dû conclure que cette formation lacustre était l'équivalent de celle que M. Brongniart avait nommée *calcaire siliceux*, le travertin inférieur de MM. Cordier et Constant Prévost. Elle recouvre, en effet, à Paris, le calcaire grossier, et est recouverte par le gypse et le grès de Fontainebleau, partout où ces terrains existent. Malgré cette similitude de position, M. Dufrénoy a cru devoir rapporter la formation lacustre du Midi, de même que la marne, à l'étage miocène. Cette conclusion nous semble erronée, et

la course à Saint-Hippolyte-de-Caton nous paraît offrir une preuve décisive, en établissant un horizon géognostique très sûr par l'identité de l'étage gypseux dans le nord et le midi de la France. Les marnes à Cyclades de Montmartre rappellent cette multitude de Cyclades réunies à des Ménilités dont nous avons trouvé les moules à Saint-Hippolyte, avec des poissons, des insectes, des plantes analogues à ceux d'Aix et de Vaucluse, où l'on trouve des mammifères identiques à ceux de Montmartre. Ainsi, toutes les inductions possibles se réunissent pour constater le parallélisme complet de ce terrain dans le nord et le midi de la France. Dès lors il ne pourra rester de doute sur la position de la grande formation lacustre qui lui est inférieure, et sur sa correspondance avec le travertin inférieur du bassin de Paris, qui, dans toute la partie méridionale de ce bassin, forme à lui seul tout l'étage éocène. Peut-être même devons-nous voir, dans le conglomérat à gros nodules de la partie inférieure du bassin d'Alais, un représentant de la véritable argile plastique de Paris, celle de la partie méridionale, dont les dernières exploitations au nord sont à Vaugirard, et qui est un terrain de transport violent composé d'une assise arénacée (les poudingues de Nemours) et d'une assise argileuse. Ce terrain, auquel on a donné à tort ce nom dans la partie septentrionale, est un dépôt opéré tranquillement, ayant des fossiles propres, ordinairement d'embouchure, quelquefois marins, quelquefois fluviatiles, et qui, malgré ces alternances, peut être regardé comme formant avec le calcaire pisolithique le membre le plus inférieur de la grande formation marine si remarquable dans la partie septentrionale du bassin parisien. Ce calcaire pisolithique, près de Montereau, est supérieur à l'argile plastique véritable. M. Charles d'Orbigny, en affirmant le contraire, a été trompé par l'existence, au-dessus de ce calcaire, d'une assise argileuse rouge, renfermant un assez grand nombre de silex roulés et de rognons de fer hydraté. Cette assise est un véritable löss, qui recouvre à quelque distance cet amas de sable et gravier bien stratifié que nous avons déjà signalé dans ce *Bulletin* comme un représentant de l'étage pliocène. L'argile exploitée pour les tuileries de Viltet est au contraire inférieure au calcaire pisolithique. Comme nous venons de le dire, l'argile plastique exploitée à Vaugirard nous paraît à peu près la limite de cette formation clysmienne : le terrain de sédiment lent auquel on a donné à tort, trompé par sa nature minéralogique, le nom d'argile plastique, est représenté à Vaugirard par les sables supérieurs à la véritable argile plastique, et par l'assise argileuse désignée par les ouvriers sous le nom de fausses

glaises, remplie de cristaux de gypse, et offrant, comme l'a constaté M. Charles d'Orbigny, des traces de lignite. C'est à ce dernier terrain qu'appartient le conglomérat de Meudon, qu'il a décrit et qui est presque entièrement formé de débris de mammifères. Nous pensons que les cailloux confondus avec les grès de l'argile plastique, répandus en rognons assez minces, paraissant toujours roulés, et qui sont réellement plutôt des marnolites que de véritables grès, dont un échantillon, jusqu'à présent unique, remis par nous au Muséum à Paris, offre deux coquilles de la *Lymnæa longiscata*, appartiennent, ainsi que le calcaire à grosses pisolites de Villecerf, dont les rognons sont séparés par une argile rouge, à cet étage sédimentaire, la partie la plus inférieure des terrains éocènes. Nous n'hésiterons donc point à assimiler la grande formation lacustre qui forme la base des terrains tertiaires du midi de la France avec cette grande assise de calcaire également lacustre qui, dans la partie méridionale du bassin parisien, forme à elle seule la totalité de l'étage éocène, et qui, à Paris même, recouvre la formation marine et supporte les terrains gypseux. Les grès et conglomérats qui, à Saint-Hippolyte-de-Caton et sur quelques autres points, couronnent cette formation lacustre inférieure, ne seraient-ils point les représentants de l'assise désignée assez ordinairement sous le nom de marnes vertes dans le bassin parisien, qui, ayant succédé à la dénudation de l'étage tertiaire inférieur dont elle est peut-être le résultat, le recouvre dans toutes les ondulations opérés par cette dénudation?

Si M. Dufrénoy nous paraît avoir erré dans la conclusion qu'il tire de la position parfaitement observée par lui de la formation lacustre inférieure du midi de la France, nous croyons que c'est avec toute raison qu'il a rapporté à l'étage tertiaire moyen la formation marine désignée vulgairement sous le nom de molasse. Nous pensons, avec M. Michelin, que l'identité des caractères pétrographiques, peut-être celle de plusieurs fossiles, ont pu faire confondre deux étages différents et dans lesquels la proportion des fossiles encore vivants est très inégale. Ces deux étages peuvent s'observer à Beaucaire. L'inférieur est la véritable molasse, le supérieur est le calcaire moellon de M. Mareel de Serres, qui appartient incontestablement à l'étage pliocène. M. Matheron, dans son excellent Catalogue raisonné et descriptif des fossiles de Provence, divise la molasse en deux étages, mais dont la séparation n'est pas partout bien tranchée. Nous n'oserions pas affirmer qu'il n'ait point confondu quelquefois des lambeaux de calcaire moellon avec la vraie molasse. Ainsi, il nous a paru que le très

petit lambeau qui, dans les Alpines, supporte la chapelle de Notre-Dame-du-Château, commune de Tarascon, qui est pour ainsi dire jeté au sommet de la chaîne néocomienne et qui a conservé l'horizontalité de ses assises, appartient au calcaire moellon : tandis que les collines de calcaire marin à couches très inclinées qui s'élèvent au N. d'une combe étroite, dirigée E. 15° N. à O. 15° S. de Fontchâteau à Saint-Remy, appartiendraient à la vraie molasse. Cette question sera sans doute résolue par notre collègue M. Emilien Dumas, qui y apportera toute la lucidité de son esprit et la patiente sagacité de ses observations. Mais en admettant comme appartenant à la molasse tous les fossiles qui lui sont attribués dans le beau travail de M. Matheron, il en résulte que sur 110 à 120 espèces, 30 à 40 lui sont propres ; un nombre à peu près égal se retrouve dans les marnes subappennines du Piémont, 15 dans la formation éocène de Paris, dont 10 à la partie la plus inférieure, le *london plastic clay*, et une vingtaine en outre dans le calcaire grossier de Bordeaux. Ainsi, quoiqu'il ne s'y trouve que 8 à 10 espèces communes avec l'étage des sables et grès de Fontainebleau, nous pensons qu'il résulte évidemment de la comparaison de ces nombres, que c'est avec raison que M. Dufrénoy a assimilé la molasse à ce terrain. Outre les deux étages reconnus par M. Matheron, ce terrain en offre un troisième inférieur aux deux autres dans le département du Gard. C'est une assise d'un calcaire très marneux, d'un bleu assez foncé, renfermant une assez grande quantité de pyrites. Il se délite très promptement à l'air. Il forme un niveau d'eau qui peut offrir une certaine importance sur quelques points. Il ne nous a pas été possible d'y trouver un seul fossile, ni à Beaucaire où on l'observe, dans la tranchée du chemin de fer avant Saint-Sixte, ni à Barbantane, où il est très développé. Dans cette dernière localité il est moins marneux, et ne se délite pas, si ce n'est dans la partie tout-à-fait inférieure. Il y fournit une très belle pierre d'appareil qui, employée extérieurement, aurait peu de durée, mais qui s'emploie avec beaucoup d'avantage dans les intérieurs. On peut distinguer à Beaucaire les deux étages supérieurs observés par M. Matheron en Provence. L'inférieur est moins solide, et n'offre, à l'exception de quelques polypiers, que des fossiles assez mal conservés. Ils le sont beaucoup mieux dans la partie supérieure, dont la pierre dure, sonore, offre une très belle pierre d'appareil exploitée de temps immémorial, et exportée fort au loin. A la sortie du tunnel du chemin de fer de Beaucaire à Nîmes, on voit les couches de la molasse, inclinées de 18 à 20°, plonger à l'O. sous l'assise argileuse, équi-

valant dans le Gard aux marnes subapennines. La discordance de stratification est incontestable. A un demi-kilomètre du point où il disparaît sous les marnes, au lieu dit Pauvre-Ménage, lors de la construction du viaduc, on a fait un sondage pour chercher l'eau qui manquait. A 25 mètres de profondeur, dans les argiles, on a retrouvé la molasse. La sonde s'est cassée à 15 mètres plus bas creusés dans la molasse, et on a fait de vains efforts pour la retirer, mais l'eau s'est élevée dans le trou de sonde à environ 2 mètres au-dessous du sol. Les assises de molasse se prolongent donc au-dessous des marnes subapennines, en conservant leur inclinaison, quoique moins forte. Il nous paraît certain que la nappe d'eau ainsi reconnue est due à la molasse bleue, et ce fait donne une grande probabilité à l'opinion vulgaire qui établit une relation entre l'étang de Jonquières, formé dans une espèce d'entonnoir dans les marnes subapennines, et la fontaine de Pecou, près les carrières de molasse de Beaucaire. Cette fontaine ne coule que lorsque les eaux de l'étang de Jonquières, ayant atteint un certain niveau, se perdent dans un puits naturel connu dans le pays sous le nom de Trou-de-l'Orgue. Une compagnie s'est organisée pour dessécher l'étang de Jonquières, et, d'après cette observation, nous lui avons fait suggérer l'idée d'opérer ce desséchement au moyen d'un puits d'absorption, procédé qui a si complètement réussi pour les marais de Larchant près Fontainebleau.

La différence si remarquable de stratification entre la molasse et les marnes subapennines à Beaucaire prouve l'erreur de quelques géologues qui ont rapporté la molasse à cet étage, qui lui est supérieur, trompés peut-être par ce calcaire très marneux, d'un bleu si prononcé, qui sert de base à la molasse. On n'observe point dans le Midi la formation lacustre qui, dans le bassin parisien, sert de base et de couronnement aux grès de Fontainebleau; mais le calcaire marin de Neauphle, Saint-Ange, Larchant, Buteau, etc., représenté à Montmartre et à Ville-d'Avray par des marnes marines, qui, près de Château-Landon, a dû prendre un assez grand développement pour fournir les pierres d'appareil qui ont servi à construire le portail de son église et les murs de l'abbaye de Saint-Séverin; ce calcaire, réuni pour la première fois par M. d'Archiac, en 1839, aux grès de Fontainebleau, nous paraît être complètement l'équivalent de notre molasse, dont l'étage supérieur est peut-être représenté dans le bassin parisien par l'étage des faluns.

L'étage tertiaire supérieur ou pliocène, qui, dans le bassin parisien, n'offre que bien peu de traces, n'existe point dans l'arron-

dissement d'Alais, non plus que l'étage moyen; mais il est très développé dans la partie orientale de l'arrondissement de Nîmes. Tout le vaste plateau qui s'étend de Nîmes à la vallée du Rhône, au midi du massif néocomien, et qui est bordé au midi par la falaise qui s'étend de Beaucaire à Aiguemortes, dominant le vaste delta du Rhône, est formé par les marnes subapennines, exploitées sur un grand nombre de points pour la tuilerie et la poterie grossière. Les fossiles y sont généralement très rares. On en a remis quelques uns à M. Dumas, entre autres un *Pecten laticostatus*. Nous avons vu des côtes de cétaqués. Sur quelques points, et notamment à Thésiers, de petits monticules sablonneux offrent un très grand nombre de fossiles marins déjà connus pour appartenir à cet étage. A Nîmes même, vers le Grand-Cours, près du lieu où ces marnes viennent buter contre l'étage moyen du terrain néocomien, à la profondeur de 10 à 12 mètres, on trouve en quantité des troncs d'arbres couchés, noircis, mais à peine carbonisés, dont le bois offre quelques rapports avec celui de l'olivier. Cette assise est généralement couverte par le diluvium alpin. Vers la partie orientale s'élève un massif de terrain néocomien, formant un triangle à peu près rectangle entre Jonquières, Comps et Beaucaire. On y a trouvé le *Nautilus Requiémanus*, *Ammonites Astieranus*, *Belemnites bipartitus*, et quelques autres fossiles rarement bien conservés. Deux massifs de molasse viennent s'y adosser à stratification discordante, l'un dans une gorge profonde où passe la route de Lyon à Beaucaire, l'autre de Roquepartide, sente où passait la voie romaine, au tunnel du chemin de fer. Les sommités néocomiennes s'élèvent de 40 à 50 mètres au-dessus du plateau, ou de 110 à 120 mètres au-dessus du Rhône, qui longe le plus grand côté du triangle. Ce massif est surmonté par cinq pitons très remarquables, tous à la partie septentrionale. Le calcaire néocomien est coupé, vers ce point, de manière à offrir à sa partie supérieure la forme d'un fond de bateau. Il est immédiatement recouvert par une argile panachée de rouge, jaune et blanc, dont l'épaisseur est de 8 à 10 mètres, surmontée par un calcaire oolitique bien stratifié, et dont les plans de stratification sont parallèles au fond de ce petit bassin, dont il serait possible de reconnaître à peu près par là la forme et peut-être les dimensions. Ce calcaire, dont le grain est très fin, présente plusieurs assises assez épaisses, remplacées quelquefois par un assez grand nombre de lits très minces, parmi lesquels quelques uns, d'un calcaire très compacte, sont pétris de *Lymnées*, *Paludines*, *Bulimes*. Dans le calcaire oolitique les fossiles sont assez rares; cependant

sur quelques points on remarque un assez grand nombre de Lymnées, Cyclostomes, Paludines, et des Cyclades. Ce calcaire est tendre et se taille avec la plus grande facilité, cependant il ne s'altère point à l'air. Il a été assez employé autrefois, et l'on voit à Beaucaire une très belle cheminée de la renaissance dans l'ancien hôtel de Montmorency et des sculptures provenant de l'église des Dominicains exécutées avec cette pierre, qui durcit peu à l'air, mais est bien moins susceptible d'altération que la molasse.

Au-dessus de ce calcaire évidemment lacustre, dont la puissance est d'environ 15 à 20 mètres, on remarque quelques lambeaux de calcaire marin qui notamment forment les sommets des cinq pitons dont nous avons parlé. Ces lambeaux s'élèvent abruptes, et à quelque distance on croirait voir de véritables dykes; mais, en approchant, on voit une roche bien stratifiée, pétrie de fragments de coquilles et de Polypiers. Au pic de l'Éguille, le plus élevé de tous, et sur quelques autres points, on peut observer la superposition du calcaire marin sur le calcaire d'eau douce. A la partie tout-à-fait inférieure du premier, on trouve un très grand nombre de galets du calcaire lacustre, qui paraissent avoir été roulés avant d'avoir été empâtés par le calcaire marin. Les fossiles les plus reconnaissables sont des Peignes, dont une petite espèce nous a paru jusqu'à présent particulière à cet étage, qui, pour nous, est évidemment le calcaire moellon, et doit être distingué de la molasse. Nous pensons que tandis que les marnes subapennines se déposaient au N. et à l'O. de ce massif néocomien, il n'était point séparé de celui de Barbantane, vulgairement nommé la Montagnette, peut-être même d'une partie des Alpes. Il nous serait difficile d'expliquer sans cela comment un lac dont le diamètre doit avoir été de 1 à 2 kilomètres, alimenté par des sources très calcarifères, pourrait avoir existé dans un îlot aussi peu considérable. Ce qui nous paraît confirmer cette opinion est l'absence des marnes subapennines et du diluvium alpin entre ces trois massifs.

Le diluvium alpin s'est répandu sur le plateau des marnes subapennines par le col qui va de Comps à Serinhac, à peu près dans la direction de la vallée de la Durance, ce qui explique très bien comment un espace d'environ 4 kilomètres de long, contigu à la bordure occidentale du massif néocomien, sur près de 1 kilomètre de large, a pu ne recevoir aucun des nouveaux débris qu'entraînait le torrent diluvien. La partie la plus profonde de l'espace ainsi réservé forme le marais de Jonquières, alimenté par

les sources nombreuses qui s'échappent de dessous l'assise de cailloux alpins.

Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons déjà dit sur cette dernière assise. Pour compléter ce que nous avons à dire sur ces terrains tertiaires, nous ajouterons seulement que les lits inférieurs de la molasse exploitée à Beaucaire produisent, même dans des lieux assez aérés, d'abondantes efflorescences de salpêtre, ce qui indique l'existence dans cette pierre de substances animales. M. Dumas nous a parlé d'une grotte, près de Sommières, pratiquée dans cette assise, où on récoltait ce salpêtre à intervalles peu éloignés.

Nous pensons avoir ajouté quelques preuves au parallélisme du terrain gypseux de Paris avec ceux du Midi, déjà établi par MM. Coquand, Matheron et les autres géologues de Provence. Ainsi le département du Gard présente les trois étages tertiaires. L'arrondissement d'Alais ne présente que l'étage éocène. Celui de Nîmes présente les deux étages supérieurs.

Séance du dimanche 6 septembre.

M. Jules Teissier rend compte comme il suit de la course des 4, 5 et 6 septembre :

Après avoir visité le riche bassin houiller d'Alais, la Société géologique, pour compléter ses investigations sur un sujet de cette importance, avait besoin d'étudier celui de Bessège.

Deux orages consécutifs, endurés en plein dans nos deux courses précédentes, avaient un peu clairci nos rangs ; cependant, malgré des menaces de pluie nouvelle, un certain nombre se décida à partir vendredi matin.

D'Alais à Bessège on rencontre un grand nombre de formations ; nous pûmes observer aux portes de la ville les conglo-mérats qui font partie de la formation lacustre et qui en constituent l'étage le plus supérieur.

A partir du pont de Briège on suit la formation néocomienne jusqu'au village des Mages ; elle forme à droite de la route une suite de collines ; à gauche on voit se dégager de dessous le néocomien les calcaires oxfordiens et le lias, qui constituent les montagnes les plus éloignées et les plus élevées.

En divers points, notamment sous l'ancien château de Rousson, on peut observer les quatre étages ou assises qui constituent le terrain néocomien.

1^o L'étage inférieur, qui a tout au plus 8 à 10 mètres d'épaisseur, est composé d'un calcaire très compacte, d'un blanc jaunâtre, à pâte très fine, formant des bancs nettement stratifiés de 25 à 30 centimètres d'épaisseur.

Quelques membres de la Société étaient tentés de rapporter encore cette assise au groupe oxfordien à cause des caractères minéralogiques de la roche ; mais M. E. Dumas a fait observer que ce calcaire reposait en stratification discordante sur l'oxford-clay, et qu'il contenait des fossiles propres au néocomien, entre autre le *Belemnites latus* et l'*Ammonites cryptoceras* (d'Orb.). C'est dans cet étage que l'on trouve, à Bérias (Ardèche) et à Gigondas (Vaucluse), la *Terebratula diphya*.

Le deuxième étage est composé de marnes grises dans lesquelles on trouve les *Belemnites latus*, *dilatatus*, *extinctorius* et *Orbignyianus*, qui sont surtout si abondantes à Mons et à Bérias.

Le troisième étage est constitué par un calcaire jaunâtre, le plus souvent bleuâtre et marneux, contenant comme fossiles les plus caractéristiques le *Spatangus retusus* et l'*Exogyra subsinuata* (Leymerie).

Enfin, le quatrième étage ou le supérieur est formé par un calcaire blanc jaunâtre, présentant souvent un aspect crétacé et contenant des *Chama ammonia*. C'est ce calcaire qui constitue le néocomien de la montagne où se trouvent les ruines du château de Rousson (fig. 5).

Aux Mages, une lieue avant Saint-Ambroix, on rencontre sur la route le calcaire à Entroques, roche à facettes brillantes dues à l'*Encrinites Briareus*. Nous y avons recueilli le *Belemnites sulcatus* et deux Térébratules, dont l'une encore inédite, et l'autre qui paraît se rapprocher, d'après M. de Buch, de la *digona* ou de la *vicinalis*.

Au-delà de Saint-Ambroix, le calcaire à Entroques s'étend encore sur le territoire de la commune de Saint-Brès, où on l'exploite comme pierre de taille et comme marbre.

Un peu plus loin, à Plauzolle, on rencontre une bande très

mince de marne supra-liasique, et immédiatement après le calcaire à Gryphées qui forme, sur les deux rives de la Cèze, le sommet des montagnes; au-dessous on voit la dolomie infra-liasique; au-dessous encore, mais sur un seul point, presque au niveau de la rivière et un peu au-delà du village de Meyrannes, on observe l'infra-lias, dans lequel nous avons recueilli un grand nombre de fossiles caractéristiques de cet étage.

Vis-à-vis, sur la rive gauche de la Cèze, au-dessous du lias, le keuper se montre à la base du château de Montalet et près du hameau de Molières; dans ce dernier point il contient une masse de gypse et recouvre en partie un petit îlot de terrain houiller.

A Clairac, la dolomie de l'infra-lias renferme un filon de zinc sulfuré, contenant quelques traces de calamine et de plomb sulfuré. On vient d'en commencer l'exploitation. A Bessège, le calcaire à Gryphées fournit la castine, qui sert de fondant au minerai de fer hydraté qu'on trouve intercalé, au Travers et à Bordezac, dans les couches du keuper. Ainsi, chaque formation, chaque couche a ses produits.

Mais une richesse bien plus grande que toutes les autres ensemble, c'est le terrain houiller de la vallée de la Cèze, qui fournit du charbon d'excellente qualité, et dont les mines débouchent, pour ainsi dire, sur les gueulards des hauts-fourneaux.

On peut admirer l'usine de Bessège, même après avoir vu celle d'Alais. La Société reçut le plus agréable accueil de M. Wilmar, directeur des forges, et de M. Chalmeton, directeur de l'exploitation minière.

A côté des puissants laminoirs, des pesants marteaux de l'atelier, à côté des cisailles et des scies qui coupent un essieu ou un rail comme nos ciseaux ordinaires une feuille de papier, la Société admira des tenailles de pression pour comprimer le fer incandescent et en faire sortir toutes les impuretés. Ces mâchoires de fer armées de dents ressemblent assez bien à celles d'un monstrueux crocodile, et, comme celui-ci rejette l'eau en écume en triturant sa proie, les nôtres, en comprimant le fer comme une éponge, en poussent au dehors toutes les substances nuisibles.

Le lendemain, la Société s'arrêta longtemps à la recherche des végétaux fossiles bien plus nombreux ici qu'à la Grand' Combe et Champclauson.

La couche Sainte-Barbe est surtout remarquable par l'abondance des troncs de grands végétaux arborescents. On voit dans cette mine une tige de Sigillaire (*Sigil. reniformis*, A. Brong.) de 10 mètres de longueur. Tous ces troncs ont la pointe en bas et occupent, en général, une position inclinée comme la couche qui plonge à l'E. de 30 à 35°.

La couche Saint-Auguste, qui se trouve placée immédiatement au-dessus de celle de Sainte-Barbe, fait également partie du système inférieur houiller; elle ne contient plus de Sigillaires, mais elle est caractérisée par d'autres végétaux très variés. Nous avons recueilli des feuilles de *Næggerathia*, les *Pecopteris arborescens* et *Grandini*, et des fruits de forme ovale, dont quelques uns étaient attenants à leur tige. La Société s'est convaincue, en étudiant ces différentes couches, qu'elles offraient une flore particulière, etc.

La Société, partie de Bessèges à trois heures de l'après-midi, arriva à Alais sans autre encombre qu'un troisième orage; il était trop tard pour la séance publique.

Aujourd'hui dimanche, nous tenions à compléter l'étude des environs d'Alais par celle des bords de l'ancien lac, du côté du Serre-de-la-Justice, de Saint-Alban et de Mazac.

La Société a d'abord constaté que le terrain lacustre s'est déposé sur la formation néocomienne, soit sur l'étage à *Chama ammonia*, soit sur celui du calcaire à *Spatangus retusus*. Ces roches en place, avec leurs fossiles caractéristiques, forment une ceinture de collines au N.-O. de la plaine que la montagne de Bouquet termine du côté opposé. Puis vient le rivage proprement dit du grand lac d'eau douce. Là, la roche néocomienne, battue par la vague, brisée par le roulis, a laissé des brèches et des poudingues formés par les roches voisines et empâtant quelquefois des fossiles néocomiens comme témoins de l'effet des eaux.

Cette falaise, qui règne depuis Alais jusqu'au-delà de Saint-Ambroix, formée des débris de roches préexistantes et du

ciment que déposaient les eaux douces , est très importante à étudier.

La Société est arrivée avec intérêt sur le beau gîte de chaux carbonatée cristallisée (spath d'Islande) du ruisseau de Mazac. Ce spath est très limpide et présente le phénomène de la double réfraction. Le gisement de ce filon , situé dans une roche aussi récente que le conglomérat lacustre , est très remarquable; il a fixé pendant assez longtemps l'attention de la Société.

Après cet exposé M. d'Hombres-Firmas prend la parole :

« Messieurs ,

» Au moment de nous séparer, je sens le besoin de vous
» exprimer de nouveau toute ma reconnaissance pour l'honneur
» que vous m'avez fait en me nommant votre président.

» Mes concitoyens , M. le maire vous l'a dit, sont très flattés
» de la réunion de tant d'hommes distingués au milieu d'eux,
» et je me plais à croire que le choix d'un Alésien pour diriger
» vos recherches ne peut que leur être agréable.

» Vos savantes explorations et vos discussions intéressantes
» nous feront mieux connaître notre richesse minérale, et se-
» ront utiles au progrès de la géologie par la comparaison que
» vous établirez entre les formations de nos terrains et celles
» des autres contrées. Vous contribuerez, messieurs, à répan-
» dre le goût d'une science pleine d'attraits surtout dans un
» pays montagneux ; science dont nous apprécions l'avantage
» pour notre industrie et notre agriculture.

» Je dois, en terminant, remercier, au nom de la Société
» géologique de France, l'administration municipale pour son
» accueil bienveillant, et les amateurs qui ont pris part à la
» session extraordinaire de 1846. »

M. Chamousset adresse des remerciements, au nom de la Société, à M. le Président et à MM. Jules Teissier et Dumas, qui ont bien voulu servir de guides à la Société, dans ses excursions.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

PAR ORDRE DE MATIÈRES

DES

OUVRAGES ET MÉMOIRES GÉOLOGIQUES

PUBLIÉS EN 1845 ET 1846,

SUIVIE D'UNE

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS,

Par **Ch. MARTINS** et **J. HUGARD**,

Secrétaires pour l'Étranger.

I. TRAITÉS ET MÉMOIRES GÉNÉRAUX.

1. -- **HUMBOLDT** (A. de). — *Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Kosmos, ou Essai d'un tableau physique de l'univers; 1^{er} volume in-8, 493 pages. Traduit en français par M. Faye. — 1845.
2. — **PHILLIPS** (J.). — *A treatise on Geology*. Traité de géologie; 2 vol. in-8, avec planches.
3. -- **PETZOLDT** (A.). — *Geologie*. Géologie; 2^e édition, in-8, 645 pages avec 68 figures. — 1845.
4. — **LYELL** (Ch.). — Principes de géologie, ou illustrations de cette science empruntées aux changements modernes que la terre et ses habitants ont subis. Traduits de l'anglais sur la 6^e édition, et sous les auspices de M. Arago; par madame Tullia Meullien; in-12, 575 pages, avec de nombreuses planches et figures. — 2^e partie. 1845, et 3^e partie, 1846.
5. — **BEAUMONT** (Élie de). — Leçons de géologie pratique professées au Collège de France pendant l'année scolaire 1843-1844; 1 vol. in-8 de 555 pages, avec 9 planches. — 1845.
6. — **VOGT** (C.). — *Lehrbuch der Geologie und Petrefactenkunde, theilweise nach Elie de Beaumonts Vorlesungen*. Éléments de géologie et de paléontologie, rédigés en partie d'après les leçons de M. Élie de Beaumont; in-8, 208 pages, avec de nombreuses figures en bois (non terminé). — 1846.
7. — **HOLGER** — *Elemente der Geognosie nach streng wissenschaftlicher Consequenz*. Éléments de géognosie scientifique; 1^{re} partie, Pétrographie. In-8, 175 pages. — 1846.
8. — **COTTA** (B.). — *Grundriss der Geognosie und Geologie, als zweite Auflage der Anleitung zum Studium derselben*. Éléments de géognosie et de géologie; 2^e édition de son Introduction à la géologie, 2^e livraison avec 76 planches sur bois. — 1846.
9. — **WALCHNER** (F.-A.). — *Handbuch der Geognosie mit besonderer Berücksichtigung der Soc. géol.*, 2^e série, tome III.

- sichtigung der geognostischen Verhaeltnisse des Grossherzogthums Baden.* Manuel de géognosie conçu principalement en vue de la constitution géologique du grand-duché de Bade ; in-8, 460 pages. 2^e édition, avec planches en bois. — 1846.
10. — WAGNER (A.). — *Geschichte der Urwelt mit besonderer Berücksichtigung der Menschenrassen und des Mosaischen Schoepfungs Berichtes.* Histoire du monde primitif en ayant égard aux races humaines et à la Genèse de Moïse ; in-8, 578 pages. — 1845.
11. — BURMEISTER (H.). — *Geschichte der Schoepfung, eine Darstellung des Entwicklungsganges der Erde und ihrer Bewohner.* Histoire de la création, ou tableau de l'évolution de la terre et de ses habitants ; 2^e édition, 1 vol. in-8. — 1845.
12. — ANSTED (D. T.). — *Geology introductory, descriptive and practical.* Géologie élémentaire, descriptive et pratique ; 2 vol. in-8, avec de nombreuses figures. — 1845.
13. — ANSTED (D. T.). — *The geologist's text-book.* Livre de poche du géologue ; 143 pages. — 1845.
14. — ANSTED (D. T.). — *Geology as a branch of education.* La géologie, une des branches de l'éducation ; 143 pages. — 1845.
15. — ZIPPE (F. X.). — *Anleitung zur Gestein und Bodenkunde oder das wichtigste aus der Mineralogie und Geognosie für gebildete Leser aller Staende, insbesondere für Landwirthe, Forstmaenner und Bautechniker.* Introduction à l'étude de la géognosie et de la géologie, ou ce qu'il y a de plus important dans ces sciences pour le public éclairé, et en particulier pour des agronomes, des forestiers et des architectes ; 1 vol. in-8 de 396 pages. — 1846.
16. — LEONHARD (C. C.). — *Taschenbuch für Freunde der Geologie.* Manuel des amis de la géologie ; 2 vol. in-8, 248 pages, 3 pl. — 1846.
17. — BISCHOF (G.). — *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie.* Manuel de géologie physique et chimique ; 1^{er} volume, in-8, 352 pages, avec 2 planches lithographiées et 22 bois. — 1846.
18. — JOHNSTON (Prof.). — *Elements of agricultural chemistry and geology.* Eléments de chimie et de géologie agricoles ; 3^e édit.
19. — ANONYME. — *Vestiges of the natural history of creation.* Vestiges de l'histoire naturelle de la création ; 1 vol., 423 pages, 5^e édit.
— *Explanations, a sequel to Vestiges of the natural history of creation.* Explications ; suites aux Vestiges de l'histoire naturelle de la création.
20. — CREDNER (E. F.). — *Ueber den Bau der Erde.* De la structure de la terre. Leçon faite le 26 février 1846.
21. — MACKENSIE (G.). — *On the cause wich has produced the present form and condition of the earth's surface.* Sur la cause qui a produit la forme et les conditions actuelles de la surface de la terre. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXVIII, p. 369. — 1845.)
22. — HENNESSY (H.). — *Researches upon the connexion between the rotation of the earth and the geological changes of its surface.* Recherches sur la connexion entre la rotation de la terre et les changements géologiques de surface ; 4 pages. (*Philosophical magazine*, tom. XXVII, p. 376. — 1845.)
23. — PRÉVOST (Const.). — *Formation* ; 3 pages. (*Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, publié par M. Ch. d'Orbigny, t. V, p. 677. — 1845.)

24. — **PRÉVOST** (Const.). — Sur la chronologie des terrains et le synchronisme des formations; 6 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 366; et *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; tom. XX, p. 1062. — 14 avril 1845.)
25. — **FITTON** (W. H.). — *On the arrangement and nomenclature of the subcretaceous strata*. Sur l'arrangement et la nomenclature de quelques unes des couches sous-crétacées. (*Athenæum*, 1846, p. 967.)
26. — **BOUCHEPORN** (F. de). — Réclamation de priorité relative à une note de M. Pissis sur les lois qui président à la direction des chaînes de montagnes; 3 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 176. — 1845.)
27. — **DANA** (J.). — *Report on nomenclature in natural history to the Association of american geologists and naturalists*. Rapport fait à l'Association des géologues et naturalistes américains, en mai 1845, sur la nomenclature en histoire naturelle; 5 pages. (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XL, p. 304. — 1846.)
28. — **MURCHISON** (R. I.). — Adresse prononcée à l'Association britannique pour l'avancement des sciences, seizième réunion tenue à Southampton, en septembre 1846; 15 colonnes. (*Athenæum*, 1846, p. 933.)
29. — **HORNER**. — *Anniversary adress to the geological Society of London*. Adresse anniversaire à la Société géologique de Londres (en février 1846); 76 pages. (*Quarterly Journal of geology*; t. II, p. 145. — 1846.)
30. — **HOMBRES-FIRMAS** (d'). — Rapport fait à l'Académie du Gard et à la Société philotechnique de Paris sur le congrès de Naples de 1845; 27 pages, in-8. — 1846.
31. — **ROZET**. — Mémoire sur la Sélénologie; 4 pages. (*Bulletin de la Soc. géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 262, et *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XXII, p. 470, — 16 mars 1846.)
32. — **MICHAELIS** (E. H.). — Essai d'une méthode mixte d'expression topographique du relief du sol. (*Bulletin de la Société de géographie de Paris*; 3^e série, t. III, p. 368. — 1845.)
33. — **JOMARD**. — Des cartes en relief. (*Bulletin de la Société de géographie de Paris*; 3^e série, t. III, p. 357. — 1845.)
34. — **DESPORTES**. — Nouvelle note relative au coloriage des cartes au moyen de la lithographie; 2 pages et demie. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 42. — 1845.)
35. — **RAULIN** (V.). — Note relative au coloriage des cartes par impression lithographique; 4 pages et demie. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 44. — 1845.)
36. — **WHISHAW** (F.). — *On a method of exhibiting, at one view, the results of a given geological survey*. Sur un moyen de montrer en un seul coup d'œil tous les résultats de l'étude géologique d'un pays. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
37. — **COMBES** (Ch.). — Traité de l'exploitation des mines; 3 vol. in-8, avec atlas de 60 pl. in-folio.
38. — **BURAT** (A.). — Études sur les mines. Théorie des gîtes métallifères, appuyée sur la description des principaux types du Harz, de la Saxe, des provinces rhénanes, de la Toscane, etc.; in-8, 358 pages. — 1845. Supplément contenant la description de quelques gîtes mé-

tallifères de l'Algérie, de l'Andalousie, du Taunus et du Westmoreland, 163 pag. — 1846.

39. — BUDGE. — *The practical miner's guide*. Guide pratique du mineur; in-8, nouvelle édition. — 1845;

II. PHYSIQUE DU GLOBE.

1° SUJETS DIVERS.

40. — LECOCQ (H.). — Résumé d'un mémoire intitulé : Des climats solaires et des causes atmosphériques en géologie. Recherches sur les forces diluviennes indépendantes de la chaleur centrale, et sur les phénomènes glaciaires et erratiques; 10 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. III, p. 390. — 1846.)
41. — FORRY (S.). — *Researches in elucidation of the distribution of heat over the globe, and especially of the climatic features peculiar to the region of the United States*. Recherches sur la distribution de la chaleur sur le globe, et spécialement des caractères climatologiques propres à la région des États-Unis; 56 pages, avec carte et planche. (*Edinburgh new philosophical Journal*; t. XXXIX, p. 68. — 1845.)
42. — TAYLOR. — *On the temperature of the earth and sea*. Sur la température de la terre et de la mer. (*Athenæum*, n° 957. — 1846.)
43. — BENNINGSEN-FOERDER. — Note sur les lois numériques auxquelles semble être soumise la distribution des vallées, des sources, des courants d'eau, des villages et des hameaux dans les formations sédimentaires; in-8, huit pages. (*Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève*; t. II, p. 17. — 1846.)
44. — HOPKINS (W.). — *On certain deviations of plumb-line from its mean direction, as observed in the neighbourhood of Shanklin Down, in the isle of Wight, during the progress of the ordnance Survey*. Sur de certaines déviations de la ligne à plomb de sa direction moyenne, observées dans le voisinage de Shanklin-Down, île de Wight, pendant le cours de la triangulation. (*Athenæum*, 1846, p. 968.)
45. — JOMARD. — Rapport sur le relief du Mont-Blanc, exécuté par M. Séné; 9 pages. (*Bulletin de la Société de géographie de Paris*; 3^e série, t. IV, p. 105. — 1845.)
46. — HARRIS (E.). — *On the difference of level between the waters of the gulf of Mexico and those of the Atlantic ocean*. Sur la différence de niveau qui existe entre les eaux du golfe du Mexique et celles de l'océan Atlantique; 1 page. (*Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia*; t. III, p. 34. — 1846.)
47. — REDFIELD (W.). — *On the drift ice and currents of the north Atlantic, with a chart showing the observed positions of the ice at various times*. Sur la glace de transport et les courants de l'Atlantique septentrional, avec une carte montrant les positions observées de la glace à différentes époques; 16 pag. (*Silliman's american Journal*; t. XLVIII, p. 373, et *Biblioth. univ. de Genève*, t. 60, p. 165. — 1845.)
48. — DAVY (J.). — *On the temperature of the sea at the surface, and specific gravity of the surface water*. Sur la température de la mer et

- la pesanteur spécifique de ses eaux à sa surface; 3 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 45. — 1846.)
49. — **FORCHHAMMER**. — *Afhandling om Søvandets Sammensætning*. Dissertation sur la composition de l'eau de mer; in-8, 1^{re} partie, 10 pag. (*Oversigt over det Kongl. danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger i Aarct*, 1845, p. 24; et en extrait, *Athenæum*, 1846, p. 1003.)
50. — **MACLAREN** (Ch.). — *Remarks on ancient beaches near Stirling*; Remarques sur d'anciens rivages de la mer, près de Stirling; in-8, 12 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*. — October 1846.)
51. — **EVEREST** (R.). — *Remarks on the level of the Piræus harbour near Athens and of the country adjacent*. Remarques sur le niveau du port du Pirée, près d'Athènes, et des contrées adjacentes. (*Quarterly Journal of geology*; t. II, p. 32. — 1846.)
52. — **SMITH** (James). — *On the subsidence of the land at Puzzuoli*. Sur l'affaissement du sol à Pouzzoles. (*The Athenæum*, 1845, p. 724.)
53. — **VIRLET** (T.). — Note sur une dépression probable de l'Afrique septentrionale, celle du lac Melghigh; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. II, p. 349, et en extrait, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXI, p. 51. — 1845.)
54. — **ANGELOT** (V. F.). — Note sur la dépression au-dessous du niveau de la mer de certaines parties de l'Afrique septentrionale et plus particulièrement de l'oasis de Syouah ou d'Ammon; 12 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. II, p. 446. — 1845.)
55. — **COLLIN** (A.). — Recherches expérimentales sur les glissements spontanés des terrains argilleux, accompagnées de considérations sur quelques principes de mécanique terrestre; 1 vol. in-4. — 1846.
56. — **ANONYME**. — *Account of a torrent of mud in the plain of Lagunilla, New-Grenada*. Description d'un torrent de boue dans la plaine de Lagunilla, Nouvelle-Grenade; 2 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 199. — 1846.)
57. — **PAPIUS** (K.). — *Die Lehre vom Torf*. Traité de la tourbe; in-8, 72 pages. — 1845.
58. — **LESQUEREUX** (L.). — Quelques recherches sur les marais tourbeux en général; in-4, 138 pages. (*Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*; t. III, p. 1. — 1846.)
59. — **LORTET** (M. P.). — Rapport sur les travaux de la Commission hydro-métrique de Lyon, en 1844; in-8, 16 pages et 2 tabl. — 1845.
60. — **FOX** (R.). — *Abstract of a paper relative to springs of water*. Extrait d'un mémoire relatif aux sources d'eau; 6 pages, avec planche. (*Edinburgh new philosophical Journal*; t. XXXVIII, p. 66. — 1845.)
61. — **LEGROS-DEVOT**. — Des divers projets conçus ou exécutés pour donner à la ville de Calais une eau saine et potable; in-8, 20 pages, 1 pl. — 1845.
62. — **KEELE**. — *On the artesian well on the Southampton common*. Sur le puits artésien pratiqué à Southampton. (*Athenæum*, 1846, p. 966.)
63. — **DÉGOUSÉE**. — Eaux jaillissantes provenant d'une formation inférieure au calcaire jurassique, obtenues dans un forage artésien près de Donchery; 1 page. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 60. — 1845.)

64. — **BUCKLAND** (W.). — *On the applicability of Fauvelle's mode of boring artesian wells to the well at Southampton and to other wells, and sinkings for coal, salt and other mineral beds.* Sur l'application de la méthode de Fauvelle pour forer les puits artésiens au puits de Southampton et à d'autres puits, et pour la recherche de la houille, du sel et d'autres couches minérales. (*Athenæum*, 1846. p. 1003.)
65. — **NEWBOLD** (Capt.). — *On the temperature of the springs, wells and rivers of India and Egypt, and of the sea and table-lands within the tropics.* Sur la température des sources, puits et rivières de l'Inde et celle de l'Égypte, de la mer et des plateaux entre les tropiques; 14 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 99. — 1846.)
66. — **BISCHOF** (G.). — *Einige Bemerkungen über die Entstehung der Mineralquellen.* Remarques sur l'origine des sources thermales; in-8°, 8 pag. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geologie*, 1845, p. 449.)
67. — **DESCLOISEAUX** et **BUNSEN**. — Observations sur la température des geysers d'Islande; in-4°, 4 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXIII, p. 934. — 16 novembre 1846.)
68. — **DAUBRÉE** (A.). — Observation sur la haute température observée dans un puits foré à Neuffen (Wurtemberg); in-4°, 2 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXI, p. 1335. — 1845.)
69. — **MIDDENDORFF** (de). — Observations de température faites dans le puits Schergine, à Jakoutsk. (*L'Institut*, 1845, p. 155.)
70. — **HOUZEAU**. — Observations de température faites dans les mines de Flenu, Belgique. (*L'Institut*, 1845, p. 147.)
71. — **DANGER** et **VIQUESNEL**. — Note sur une géode de glace remplie de liquide, et sur quelques uns des phénomènes que présentent la congélation de l'eau et la fusion de la glace dans des vases de petites dimensions; 8 pages, avec figures. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. II, p. 327. — 1845.)
72. — **LEUBE** (G.). — *Ueber die Bildung des Grundeises.* Sur la formation de la glace de fond; in-8°, 2 pages. (*Wurtembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte*; 2^e année, p. 165. — 1846.)
73. — **LECLERCQ**. — Sur la formation de la glace au fond des eaux. (*L'Institut*, 1845, p. 169.)
74. — **PERSIGNY** (de). — De la destination et de l'utilité permanente des pyramides d'Égypte et de Nubie contre les irrptions sablonneuses du désert; in-8°, 256 pages, 6 pl. — 1845.
75. — **SILLIMAN** (B.). — *Notice of a mass of meteoric iron found at Cambria, near Lockport, in the state of New-York*; 4 pages, avec figures. Notice sur une masse de fer météorique trouvée à Cambria, près de Lockport, dans l'état de New-York. (*Silliman's american Journal*; t. XLVIII, p. 388. — 1845.)
76. — **TROOST** (G.). — *Description of a mass meteoric iron wich fell near Charlotte, Dickson county, Tennessee, in 1845.* Description d'une masse de fer météorique, tombée près Charlotte, comté de Dickson, Tennessee, en 1845; 26 pages avec les figures de ces météorites. (*Silliman's american Journal*; t. XLIX, p. 336. — 1845.)

2° VOLCANS ET TREMBLEMENTS DE TERRE.

77. — GIRARD (H.). — *Ueber Erdbeben und Vulkane*. Sur les tremblements de terre et les volcans; in-8, 32 pages, avec planche. — 1845.
78. — PRÉVOST (Const.). — Volcan. (*Encyclopédie des gens du monde*; in-8, 7 pages, t. XXI, 2^e partie, p. 660.)
79. — FORCHHAMMER. — *Ausbruch des Hecla*. Éruption de l'Hécla; in-8, 2 pages. (*Poggendorff's Annalen der Physik*; 3^e série, t. VI, p. 458. — 1845.)
80. — HAAGEN VON MATHIESEN. — *Ueber die Entstehung des Monte-Nuovo und die neueste Hekla-Eruption*. Sur l'origine du Monte-Nuovo et la dernière éruption de l'Hécla; in-8, 9 pag. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 586.)
81. — PEREY (A.). — Mémoire sur les tremblements de terre ressentis en France, en Belgique et en Hollande, depuis le iv^e siècle de l'ère chrétienne jusqu'à nos jours (1843 inclusiv.); in-4, 114 pages, avec deux planches de courbes, représentant la fréquence de ces commotions. (*Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie des sciences de Bruxelles*; t. XVIII. — 1844-1845.)
82. — PEREY (A.). — Sur les tremblements de terre de la péninsule scandinave; in-8, 62 pages. (*Voyage en Scandinavie, au Spitzberg et aux Féroé de la corvette la Recherche*. Géographie physique, t. I, p. 409. — 1845.)
83. — PEREY (A.). — Mémoire sur les tremblements de terre ressentis dans le bassin du Rhône; in-8, 81 pages, avec une planche. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*; t. VIII, p. 265. — 1845.)
84. — FOURNET (J.). — Notes additionnelles aux recherches sur les tremblements de terre du bassin du Rhône de M. A. Perey; in-8, 24 pages. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*; t. VIII, p. 347. — 1845.)
85. — PEREY (A.). — Mémoire sur les tremblements de terre dans le bassin du Danube; in-8, 82 pages. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*; t. IX. — 1846.)
86. — PILLA (L.). — Extrait d'une lettre à M. Arago sur le tremblement de terre qui vient de bouleverser une partie de la Toscane; in-4, 9 pages. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*; t. XXII, p. 468. — 1846.)
87. — PILLA (L.). — Phénomènes volcaniques récents dans un des points de la mer qui baigne les côtes de Sicile; in-4, 3 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXIII, p. 988. — 1846.)
88. — NELSON. — *Notice of an earthquake and a probable subsidence of land in the district of Cutch, near the mouth of the Koree, weastern branch of the Indus, in June 1843*, une page. Notice sur un tremblement de terre et un affaissement probable du sol dans le district de Cutch, près de l'embouchure du Korée, ou branche orientale de l'Indus, en juin 1845; une demi-page. (*Quarterly Journal of geology*; t. II, p. 103. — 1846.)
89. — DARWIN (Ch.). — *An account of the fine dust wich often falls on vessels in the Atlantic ocean*. Note sur la poussière fine qui tombe souvent sur les vaisseaux dans l'océan Atlantique; 4 pages. (*Quarterly Journal of geology*; t. II, p. 26. — 1846.)

3° GLACIERS.

90. — GRANGE (J.). — Analyse d'un mémoire intitulé : Recherches sur les glaces flottantes et les dépôts erratiques et sur l'influence des climats sur la distribution géographique et la limite inférieure des neiges perpétuelles; 20 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. III, p. 280. — 1846.)
91. — FORBES (J. D.). — *Travels through the Alps of Savoy and other parts of pennine chain, with observations on the phenomena of glaciers*. Voyages dans les Alpes de Savoie et autres parties de la chaîne pennine, avec des observations sur les phénomènes des glaciers; 2^e édition, in-8, avec une carte de la mer de glace de Chamonix. — 1845.
92. — DESOR (E.). — Nouvelles excursions et séjours dans les Alpes et les hautes régions des Alpes de M. Agassiz et de ses compagnons de voyage, accompagnées d'une notice sur les glaciers de la Lez blanche et du val Ferret de M. Agassiz, et d'un aperçu sur la structure géologique des Alpes de M. Studer; in-12, 265 pages, avec deux planches. — 1845.
93. — AGASSIZ (L.). — Observations sur les glaciers; 4 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. III, p. 445. — 1846.)
94. — DESOR (E.). — Sur la structure des glaciers; 5 pages, avec 2 plans. (*Bulletin de la Société géol. de France*; 2^e série, t. III, p. 528. — 1846.)
95. — LADAME (H.). — Observations sur le passage de la neige farineuse à la neige grenue, et de celle-ci à la glace compacte, suivies d'applications à la théorie des glaciers; 16 pages. (*Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève*, t. III, p. 120. — 1846.)
96. — HOPKINS (W.). — *On the motion of glaciers*. Sur le mouvement des glaciers. (*Philosophical Magazine*, t. XVI, pages 1, 146, 237, 328, 334, 593 et 607. — 1845.)
97. — FORBES (J. D.). — *Reply to M. Hopkins on the motion of glaciers with reasons for avoiding further a controversy*. Réponse à M. Hopkins sur le mouvement des glaciers, et motif pour cesser cette controverse; in-8, 14 pages. (*Philosophical Magazine*, t. XXVI, p. 404. — 1845.)
98. — WHEWELL (W.). — *Remarks on M. Hopkins Reply*. Remarques sur la Réplique de M. Hopkins; 3 pages. (*Philosophical Magazine*; t. XXVI, p. 431. — 1845.)
99. — FORBES (J. D.). — *Ninth letter on glaciers, addressed to professor Jameson: remarks on the recent observations made on the glacier of the Aar (in 1844), by direction of M. Agassiz*. Neuvième lettre sur les glaciers, adressée au professeur Jameson: remarques sur les observations récentes faites sur le glacier de l'Aar (en 1844), sous la direction de M. Agassiz; 8 pages, avec figures. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXVIII, p. 332. — 1845.)
100. — MARTINS (Ch.). — Nouvelles observations sur le glacier du Faulhorn; 26 pages, avec une planche. (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. II, p. 223; et *Bibl. univ. de Genève*, t. LVI, p. 323. — 1845.)
101. — FORBES (J. D.). — *Tenth letter on glaciers, addressed to professor Jameson. — M. Agassiz adoption of the plastic theory. — Reply to M. Martins*. Dixième lettre sur les glaciers, adressée à M. le professeur Jameson. — Adoption par M. Agassiz de la théorie de la plasticité. — Réponse

- à M. Martins; 8 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 154, et *Bibl. univ. de Genève*, t. 58, p. 142. — 1845.)
102. — FORBES (J. D.). — Onzième lettre sur les glaciers, adressée au professeur Jameson; in-8, 8 pages, avec une planche. (*Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève*, t. III, p. 107. — 1846.)
103. — DARWIN and FORBES. — *Extract from letters on the analogy of the structure of some volcanic rocks with that of glaciers, by Darwin, with observations on the same subject made by professor J.-D. Forbes.* Extraits de lettres sur l'analogie de structure de quelques roches volcaniques avec celle des glaciers, par Darwin; avec observations sur le même sujet, par le professeur Forbes; 1 page et demie. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXVIII, p. 370. — 1845.)
104. — GORDON (L.). — *On the subject of the viscous theory of glaciers.* Au sujet de la théorie de la viscosité des glaciers. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXVIII, p. 372. — 1845.)
105. — GORDON (J.). — *Account of an experiment on Stockholm pitch, confirming the viscous theory of glaciers.* Description d'une expérience sur de la poix de Stockholm, confirmant la théorie de la viscosité des glaciers; 2 pages. (*Philosophical Magazine*; t. XXVI, p. 206. — 1845.)
106. — SUTCLIFFE (W.). — *Suggestions relative to the theory of the movement of glaciers.* Suggestions relatives à la théorie du mouvement des glaciers; 3 pages. (*Philosophical Magazine*, t. XXVI, p. 495, 1845.)
107. — MALLET (R.). — *On the brittleness and non-plasticity of glacier ice.* Sur la fragilité et la non-plasticité de la glace des glaciers; 7 pages. (*Philosophical Magazine*, t. XXVI, p. 586. — 1845.)
108. — FORBES (J.-D.). — *Illustrations of the viscous theory of glaciers motion.* Eclaircissements sur la théorie de la viscosité appliquée aux mouvements des glaciers; in-4, 66 pages, avec 8 planches. (*Philosophical Transactions of the royal society of London*, 1846, part. II, p. 143.)
109. — MARTINS (Ch.). — De quelques résultats obtenus cet été sur le glacier de l'Aar; in-4, 4 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXIII, p. 823. — 26 octobre 1846.)
110. — COLLOMB (E.). — Sur les effets des grands froids de l'hiver de 1845 dans les Vosges; 3 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 394. — 1845.)
111. — COLLOMB (E.). — Sur certains mouvements observés dans les neiges des Vosges avant leur complète fusion; in-4, 4 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXI, p. 327. — 4 août 1845.)
112. — STOTTER (M.). — *Die Gletscher des Vernagt-Thales in Tyrol und ihre Geschichte.* Les glaciers de la vallée de Vernagt en Tyrol et leur histoire; in-fol., 75 pages, avec une carte du Rosenthal. — 1845.
113. — KOLENATI. *Die Gletscher des Kasbek.* Les glaciers du Kasbek dans le Caucase; in-8, 25 pages. (*Bulletin de l'Académie des sciences de St-Petersbourg*, t. IV, p. 168; *Poggendorff's Annalen der Physik*, 3^e série, t. VI, p. 553. — 1845; et *Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. V, p. 248, avec une carte et une vue. — 1846.)

4° PHÉNOMÈNE ERRATIQUE.

114. — BRUCHHAUSEN (W. v.). *Die periodisch wiederkehrenden Eis-Zeiten und Sündfluthen, und die wichtigsten Folgerungen aus diesen wechselnden Ueberschwemmungen der südlichen und der nordlichen Continente.* Du retour périodique des époques glaciaires et des déluges, et des conséquences de ces irruptions aqueuses sur les deux hémisphères; in-8, 172 pages. — 1845.
115. — KLEE (F.). — Le déluge, considérations géologiques et historiques sur les derniers cataclysmes du globe; in-12, 336 pag. — 1846.
116. — OMALIUS d'HALLOY (J. J.). — Observations sur les barres diluviennes; (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 244. — 1846.)
117. — ROZET. — Sur la cause de l'existence d'anciens glaciers dans les contrées où il n'en existe plus et où il ne peut en exister aujourd'hui; 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 661, et *l'Institut*, p. 453. — 1845.)
118. — HOPKINS (W.). — *On the transport of erratic blocks.* Sur le transport des blocs erratiques; 4 pages. (*Philosophical Magazine*, t. XXVII, 1845, p. 56.)
119. — COLLEGNO (H. de). — Note sur le terrain erratique du revers méridional des Alpes; 19 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, p. 284. — 1845.)
120. — AGASSIZ (L.). — Sur quelques roches striées de la Suisse; 3 pages et demie. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 273. — 1845.)
121. — GAL. — Sur les stries et les moraines de la vallée d'Aoste; 9 pages. (*Bulletin de la Société géol. de France*, 2^e série, t. II, p. 728. — 1845.)
122. — CHARPENTIER (J. de). — Sur l'hypothèse qui attribue les phénomènes erratiques des Pyrénées à une fonte subite des glaciers; in-8, 15 pages. (*Bibliothèque universelle de Genève*, t. LVI, p. 126; et *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 405. — 1845.)
123. — HOGARD (L.). — Note sur les traces d'anciens glaciers dans les Vosges; 6 pages, avec figures. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 249. — 1845.)
124. — COLLOMB (E.). — Note sur les traces du phénomène erratique dans les Vosges; 4 pages, une planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 506. — 1845.)
125. — COLLOMB (E.). — Lettre sur les galets rayés dont l'origine n'est pas erratique, et sur les glaciers temporaires des Vosges; 4 pages. (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. III, p. 534. — 1846.)
126. — COLLOMB (E.). — Lettre sur quelques vallées à moraines et le terrain erratique des Vosges; 17 pages, avec deux cartes. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 180. — 1846.)
127. — COLLOMB (E.). — Nouvelles observations sur le terrain erratique des Vosges; seconde lettre adressée à M. Charpentier; in-8, 6 pages. (*Supplément à la Biblioth. univers. de Genève*, t. I, p. 259. — 1846.)
128. — COLLOMB (E.). — Observations relatives au phénomène erratique

- des Vosges; in-4, 4 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 172. — 26 janvier 1846.)
129. — COLLOMB (E.). — Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les vallées des Vosges; du terrain erratique de cette contrée; 1 vol. in-8 de 246 pages et 4 planches. — 1846.
130. — VIRLET (T.). — Sur les traces d'un ancien glacier aux environs de Lure (Haute-Saône); in-4, 2 pages (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXIII, p. 1041. — 30 novembre 1846.)
131. — FRIGNET (E.). — Du phénomène erratique en Tyrol et principalement dans la vallée de l'Inn. Thèse de géologie présentée à la Faculté des sciences de Strasbourg; in-8, 126 pages et une carte. — 1846.
132. — EINBRODT (P.). — *Ueber das Vorkommen von Granitblöcken in den Sula-Gegenden*. Sur la présence de blocs de granite dans les environs de Sula; in-8, 10 pages. (*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*, 1845, p. 517.)
133. — MACLAREN (Ch.). — *On the existence of glaciers and icebergs in Scotland at an ancient period*. Sur l'existence de glaciers et glaces flottantes en Ecosse à une époque ancienne; 19 pages, avec planches. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 125. — 1846)
134. — MACLAREN (Ch.). — *Further evidences of the existence of glaciers in Scotland in ancient times*. Nouvelles preuves de l'existence d'anciens glaciers en Ecosse; in-fol., 4 pages. (*The Scottman*, 1846.)
135. — MACINTOSH (A. F.). — *On the supposed evidences of the former existence of glaciers in North-Wales*. Sur la prétendue évidence de l'existence d'anciens glaciers dans la Galles du Nord; 7 pages. (*Quarterly Journal of the geological Society*, t. I, p. 460. — 1845.)
136. — DAVY (John). — *Observations chiefly meteorological made at Ambleside, Westmoreland, in 1843, 1844, 1845*. Observations, principalement météorologiques, faites à Ambleside, Westmoreland, en 1843, 1844, 1845; 19 pages. Un article spécial traite de l'existence d'anciens glaciers dans le Cumberland. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXIX, p. 1. — 1845.)
137. — SMITH (James). — *On the scratched boulders and rocks of the coal-field of Scotland*. Sur les blocs de transports et roches striées du bassin houiller de l'Écosse; 4 pages. (*Quarterly Journal of the geological Society*, t. II, p. 33. — 1846.)
138. — FORBES (J. D.). — *Notes on the topography and geology of the Cuchullin hills in Skye, and on the traces of ancient glaciers which they present*. Note sur la topographie et la géologie des collines Cuchullin dans l'île Skye, et sur les traces d'anciens glaciers qu'elles présentent. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 76. — 1846.)
139. — SCHEERER (T.). — *Beitraege zur Kenntniss des Seststrøm'schen Frictions-Phænomen*. Matériaux pour servir à l'histoire du phénomène des stries décrit par Seststrøm; in-8, 21 pages, avec une planche. (*Poggendorff's Annalen der Physik*, 3^e série, t. VI, p. 269. — 1845.)
140. — DUROCHER (J.). — Sur quelques faits pour servir à l'histoire des phénomènes erratiques de la Scandinavie; 21 pages, avec une planche de 20 figures. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 65, 1845; et en extrait: *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 1158. — 24 novembre 1845.)

141. — AGASSIZ (L.). — Remarques sur les observations de M. Durocher, relatives aux phénomènes erratiques de la Scandinavie; in-4, 3 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 1331. — 15 décembre 1845.)
142. — ROBERT (E.). — Remarques sur une communication de M. Durocher, relative au phénomène erratique en Scandinavie; in-4, 2 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 1333. — 15 décembre 1845.)
143. — SCHIMPER (P.). — Sur quelques faits dépendant du phénomène erratique de la Scandinavie; in-4, 3 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 43. — 5 janvier 1846.)
144. — MARTINS (Ch.). — Réponse aux objections de M. Durocher contre l'ancienne extension des glaciers de la Scandinavie; 25 pages, avec une planche de 6 figures. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 102, 1845; traduit en allemand dans *Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. V, p. 396. — 1846.)
145. — DUROCHER (J.). — Note sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie, en réponse aux remarques de M. Martins; 5 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 250.)
146. — MARTINS (Ch.). — Observations sur la réplique de M. Durocher; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 255. — 1846.)
147. — COLLOMB (E.). — Lettre à M. Martins sur les *Karrenfelder* des Vosges; 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 412. — 1846.)
148. — ESCHER de la LINTH (A.). — Sur quelques phénomènes des glaciers en Suisse; 7 pages, avec une planche de 7 figures. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 231. — 1846.)
149. — DUROCHER (J.). — Etudes sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie; 50 pages, avec une planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 29; et en extrait, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 206. — 27 juillet 1846.)
150. — MARTINS (Ch.). — Remarques sur le mémoire de M. Durocher, intitulé : « Études sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie. » 18 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 89. — 1846.)
151. — DUROCHER (J.). — Note en réponse aux remarques de M. Martins sur le mémoire précédent; 12 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 107. — 1846.)
152. — MURCHISON (R. J.). — *On the superficial detritus of Sweden and on the probable causes which have affected the surface of the rocks in the central and southern portions of that kingdom.* Sur le détritns superficiel de la Suède et les causes qui ont agi à la surface des roches dans les parties centrales et méridionales de ce royaume; in-8, 32 pages. (*Quarterly Journal of the geological Society*, t. II, p. 355. — 1846.)
153. — DESOR (E.). — Notice sur le phénomène erratique du Nord comparé à celui des Alpes; 24 pages avec 1 planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 182. — 1846.)
154. — HITCHCOCK (E.). — *Description of singular case of the dispersion of blocks of stone connected with drift, in Berkshire county, Massachus-*

setts. Description d'un cas singulier de dispersion de blocs qui se lie au terrain transport dans le comté du Berkshire, Massachussetts ; 9 pages , avec planche et coupe. (*Silliman's american Journal*, t. XLIX, p. 258. — 1845.)

155. — JACKSON (C. T.). — Sur certaines cavités naturelles de la nature de celles appelées marmites de géants, observées dans le New-Hampshire ; 2 pag. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 319. — 1845.)

156. — MARTINS. (Ch.) — Note sur une marmite de géant dans le lit de l'Arve , à l'entrée de la vallée de Chamonix ; une page et demie. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 321. — 1845.)

III. ORYCTOGNOSIE.

157. — CLAUSSEN (P.). — Essai d'une nomenclature et classification des roches d'après leurs caractères chimiques , minéralogiques et géologiques ; in-8, 35 pages. — 1845.

158. — RHIND (W.). — Considérations sur la formation des roches et l'état actuel de l'océan , suivant la profondeur. (*L'Institut*, 1845, p. 104.)

159. — FOURNET (J.). — Notice sur une collection de roches ignées et de produits artificiels remis à la Faculté des sciences de Lyon ; 7 pages. (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. III, p. 878. — 1846.)

160. — DUROCHER (J.) — Note sur les variations de nature que présentent les roches pyrogènes ; in-4, 2 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXIII, p. 978. — 23 novembre 1846.)

161. — DEVILLE (Ch.). — Essai de classification des feldspaths et des minéraux analogues ; 5 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 179. — 1845.)

162. — BAUR. — *Ueber die Lagerung der Dachschiefer , über Wetzschiefer und über die von der Schichtung abweichende Schieferung der Thonschiefer*. Sur le gissement des ardoises , sur le schiste coticule et sur une schistosité des schistes argilleux différente de leur stratification ; in-8, 52 pages. (*Karsten's und Dechen's Archiv für Mineralogie*, tom. XX, p. 352. — 1846.)

163. — PRATT (S. P.). — *Geological position of the bitumen used in asphalt pavements*. Position géologique du bitume employé aux pavés asphaltiques ; 2 pages. (*Quarterly Journal of the geological Society*, t. II, p. 80. — 1846.)

164. — SCHAFHÆUTL. — Sur le Thonstein des géologues. (*L'Institut*, 1845, p. 134.)

165. — SCHAFHÆUTL. — Sur le Salzthon ou argile salée. (*L'Institut*, 1845, p. 135.)

166. — FRAAS. — *Die Thone des untern Lias*. Les argiles du Lias inférieur ; in-8, 10 pages. — (*Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte*, 2^e année, p. 202. — 1846.)

167. — PILLA (L.). — *Der Epidosit, eine neue Felsart aus dem Gabbrogeschlechte*. L'épidosite, nouvelle roche du genre euphotite ; in-8, 3 pages. (*Leonhard's neues Archiv für Geognosie*, 1845, p. 63.)

168. — HAUSMANN (J. F. L.). — *Ueber das Verhältniss zwischen Karstenit und*

- Gyps, zwischen wasserfreiem und wasserhaltendem schwefelsaurem Kalk.* Sur les rapports qui existent entre la Karsténite et le gypse et entre le sulfate de chaux anhydre et hydraté. (*Nachrichten von der Universitaet und der Kæniglichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Gættingen.*)
169. — DELESSE (A.). — Notice sur le talc et le stéatite; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 373. — 1846.)
170. — JOBERT. — *On Granit.* Sur le granite. (*Athenæum*, 1846, p. 1026.)
171. — SAUVAGE. — Recherches sur la composition des roches du terrain de transition, 51 pages. (*Annales des mines*, 4^e série, t. VII, p. 441. — 1845.)
172. — NORTON. (J. P.). — *On the composition of slate rocks and the soils formed from them.* Sur la composition des roches schisteuses et des sols qui en proviennent. (*Athenæum*, 1845, p. 746.)
173. — EBELMEN (J.). — Recherches sur les produits de la décomposition des espèces minérales de la famille des silicates; 63 pages. (*Annales des mines*, 4^e série, t. VII, p. 3. — 1845.)
174. — KERSTEN (C.). — *Ueber die chemische Zusammensetzung der Feldspathe in den Graniten Marienbads, so wie mehreren andern daselbst vorkommenden Mineralien und Gebirgsarten.* Analyse chimique du feldspath des granites, et de quelques autres minéraux et roches de Marienbad; in-8, 24 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 646.)
175. — SILLIMAN (B.). — *On the chemical composition of calcareous corals.* Sur la composition chimique des coraux calcaires; 44 pages. (*Silliman's american Journal*, 2^e série, t. I, p. 189. — 1846.)
176. — DAMOUR. — Analyse du jade oriental; 6 pages. (*Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. XVI, p. 469. — 1846.)
177. — SULLIVAN (W.). — *On the presence of phosphoric acide in rocks and minerals.* Sur la présence de l'acide phosphorique dans les roches et minéraux; 5 p. (*Philosophical Magazine*, t. XXVII, p. 161 et 229. — 1845.)
178. — KERSTEN (C.). — *Phosphoric acide found in almost all rocks.* Acide phosphorique trouvé dans presque toutes les roches. (*Philosophical Magazine*, t. XXVII, pages 155 et 310. — 1845.)
179. — FOURNET (J.). — Sur la rubéfaction et la rouille des minerais et des roches; in-8, 28 pages. (*Annales de la Société royale d'agriculture de Lyon*. — 1845.)
180. — VIRLET (T.). — Note sur la coloration de certaines roches en rouge, 8 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 323. — 1846.)
181. — PRÉVOST (Const.). — Sur la coloration des grès des environs de Paris; 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 386. — 1845.)
182. — PHILLIPS (R.). — *On the state of iron in soils.* Sur l'état du fer dans les différents sols; 5 p. (*Philosophical Magazine*, t. XXVI, p. 437. — 1845.)
183. — DAUBRÉE (A.). — Observations sur le minéral de fer qui se forme journellement dans les marais et dans les lacs; 5 pages. (*Annales des mines*, 4^e série, t. X, p. 37, et *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 445. — 1846.)

184. — **DAUBRÉE (A.)**. — Note sur la présence de nombreux débris de bois ferrugineux fossiles dans le minerai de fer pisolitique et sur la structure de ce bois; in-4, 2 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 330. — 4 août 1845.)
185. — **GOEPPERT (H. R.)**. — Sur la question de savoir si les houilles sont le produit de végétaux ayant péri sur place ou de végétaux transportés d'ailleurs; 1 page. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 644. — 1846.)
186. — **DAUBRÉE (A.)**. — Examen des charbons produits par voie ignée à l'époque houillère et à l'époque liasique; 4 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 153. — 1846.)
187. — **BROCKEDON (W.)**. — *On a method of forming the dust of graphite into a solid mass*. Méthode pour réduire la poudre de graphite en masse solide; 1 p. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 31. — 1846.)
188. — **DUROCHER (J.)**. — Essai sur le métamorphisme des roches, 101 pages avec une planche de neuf figures. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 546. — 1846.)
189. — **LAVALLE**. — Sur le calorique considéré comme agent de métamorphisme dans les roches. Thèse in-4, 49 pages. — 1845.
190. — **VIRLET (T.)**. — Note sur les phénomènes de déplacements moléculaires qui se sont opérés dans les roches, particulièrement à leur dépôt; in-8, 24 pages, 1 planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 198. — 1845.)
191. — **JAMESON (R.)**. — *On the supposed stratification of primitive rocks and their alleged mechanical origin*. Sur la stratification supposée des roches primitives et leur prétendue origine métamorphique. (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXVIII, p. 374. — 1845.)
192. — **BOUÉ (A.)**. Sur la structure feuilletée des roches métamorphiques, 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*; 2^e série, t. III, p. 139. — 1846.)
193. — **DANA (J.)**. — *Origin of the constituent and adventitious minerals of trap and the allied rocks*. Origine des minéraux constituants et adventifs du trap et des roches analogues; 7 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLIX, p. 49. — 1845.)
194. — **FOURNET (J.)**. — Simplification de l'étude d'une certaine classe de filons; in-8, 107 pages, 4 planches. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*. — 1845.)
195. — **FOURNET (J.)**. — *Die Erzgaenge und ihre Beziehungen zu den Eruptionsgesteinen nachgewiesen im Departement des Aveyron: frei uebersetzt und mit vergleichenden Bemerkungen ueber die Saechsischen Erzgaenge versehen von B. Cotta*. Les filons métalliques et leurs relations avec les roches éruptives dans le département de l'Aveyron: traduit librement et augmenté d'une comparaison avec les filons métalliques de la Saxe, par B. Cotta; in-8, 96 pages et 5 planches.
196. — **FREIESLEBEN**. — *Ueber sporadische Gangformationen*. Sur les filons sporadiques; in-8, 10 pages. (*Karsten's und Dechen's Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 691. — 1845.)
197. — **BISCHOF (G.)**. — *On the origin of quartz and metalliferous veins*. Sur l'origine du quartz et des veines métallifères; 19 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXIX, p. 125 et 220. — 1845.)

198. — NOEGGERATH (J.). — *Ueber die sogenannten natürlichen Schuechte oder geologischen Orgeln in verschiedenen Kalkstein-Bildungen*. Sur les puits naturels ou orgues géologiques dans les formations calcaires; in-8, 23 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 513.)
199. — MUELLER (J.). — *Die Entstehung der Feuersteine*. De l'origine des silex pyromaque; in-8, 7 pages, avec une planche. (*Sachse's, Allgemeine deutsche naturhistorische Zeitung*, 1846, p. 216.)
200. — BLUM (R.). — *Die Pseudomorphosen des Mineralreiches*. Sur les minéraux pseudomorphes; in-8, 1845; et en extrait, (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXIX, p. 241. — 1845.)
201. — DANA (J.). — *Notice of Dr Blum's treatise on pseudomorphous minerals and observations on pseudomorphism*. Notice sur le traité des minéraux pseudomorphes du docteur Blum, et observations sur le pseudomorphisme; in 8, 30 pages. (*Silliman's american Journal*, t. XLVIII, p. 66. — 1845.)
202. — STEIN (W.). — *Ueber die Entstehung der Pseudomorphosen im Mineral-Reiche*. De l'origine des pseudomorphoses dans le règne minéral; in-8, 16 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 395.)
203. — HAIDINGER (W.). — *Ueber die Pseudomorphosen und ihre anogene und katogene Bildung*. Sur les pseudomorphoses et leur formation anogène et catogène; in-4, 25 pages. (*Abhandlungen der kœniglichen bœhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*; 5^e série, t. III, p. 231. — 1845.)
204. — NOEGGERATH (J.). — *Irreguläre Steinsalz Krystalle und Pseudomorphosen nach solchen*. Des cristaux irréguliers de sel gemme et de leurs pseudomorphoses; in-8, 10 pages. (*Leonhards neue Jahrbuch für Geognosie*, p. 307. — 1846.)
205. — DELANOUE (J.). — Sur le marnage des terres par la dolomie. (*L'Institut*, 1845, p. 168.)

IV. GÉOLOGIE DESCRIPTIVE.

EUROPE.

France.

206. — LEYMERIE (A.). — Tableau chronologique des terrains sédimentaires, tel qu'il résulte des observations faites dans l'Europe septentrionale. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 359. — 1845.)
207. — GRAFF. — Notice sur les alluvions aurifères en général et sur celles de la France en particulier. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*, t. VIII. — 1845.)
208. — POMEL (A.). Note sur le lias de la Moselle et sur quelques gisements de végétaux fossiles, 3 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 652. — 1846.)
209. — POMEL (A.). — Note sur quelques phénomènes géologiques de la vallée de la Brems, près Saarlouis, 8 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série; t. III, p. 49. — 1845.)
210. — HOGARD (H.). — Aperçu de la constitution minérale et géologique du département des Vosges; in-8, 130 pages. (*Extrait de la statistique de ce département*, publiée par MM. Lepage et Charton. — 1845.)

211. — HOGARD (H.). — Carte géologique des Vosges; en quatre feuilles grand-aigle. — 1845.
212. — HOGARD (H.). — Esquisse géologique du val d'Ajol; 40 pages et coupes. (*Annales de la Société d'émulation des Vosges*, 1845, p. 661.)
213. — DAUBRÉE (A.). — Notice sur une zone d'amas ferrugineux placés le long des failles, à la jonction du grès des Vosges et du Muschelkalk, dans le Bas-Rhin; 5 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 169. — 1846.)
214. — DAUBRÉE (A.). — Mémoire sur la distribution de l'or dans le lit du Rhin et sur l'extraction de ce métal; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 458, 1846; et *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 639. — 13 avril 1846.)
215. — DAUBRÉE (A.). — Sur le gisement primitif de l'or du Rhin; in-4, 2 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 480. Rapport sur ce mémoire, par M. Becquerel, *ibid.*, t. XXII, p. 94. — 1846.)
216. — RENAUD-COMTE. — Sur les vallées d'érosion, dans le département du Doubs; in-8 avec trois planches. (*Mémoires de la Société libre d'émulation du département du Doubs*, t. II. — 1846.)
217. — MARCOU (J.). — Résumé d'un Mémoire intitulé: Recherches sur le Jura salinois; 9 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 500. — 1846.)
218. — MARCOU (J.). — Notice sur la formation keupérienne du Jura salinois; in-4, 10 pages. — 1846.
219. — MARCOU (J.). — Sur les différentes formations des terrains jurassiques dans le Jura occidental; in-4, 22 pages. (*Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, t. III, p. 380; et *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. IV, p. 135. — 1846.)
220. — GUEYMARD (E.). — Carte géologique du département de l'Isère, réduite et dessinée par G. Bernard; 1 f. grand-aigle.
221. — STUDER (B.). — *Mittheilung an Herrn von Leonhard*. Lettre à M. de Leonhard sur la géologie des Alpes françaises; in-8, 12 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 195; et *Bibliothèque universelle de Genève*, 4^e série, t. III, p. 248. — 1846.)
222. — FOURNET. — Sur l'état actuel des connaissances touchant les roches éruptives des environs de Lyon, 12 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 495. — 1845.)
223. — MEUGY. — Notice géologique sur le bassin houiller de Rive-de-Giers; 18 pages avec planches. (*Annales des mines*, 4^e série, t. VII, p. 67. — 1845.)
224. — MANÈS (W.). — Carte géologique du département de Saône-et-Loire; 0^m,60 de longueur sur 0^m,50 de largeur. — 1846.
225. — VIRLET (T.). — Sur le gisement du titane rutile de Gourdon (Saône-et-Loire) et les noyaux de quartz qui l'enclavent; 3 pages. (*Bulletin de la Société géol. de France*, 2^e série, t. III, p. 425; et *Comptes-rendus de l'Acad. des Sciences de Paris*, t. XXII, p. 505. — 1846.)
226. — CHARMASSE (DESPLACES de). — Sur la non-association de la houille avec les porphyres dans le bassin d'Autun, et l'âge des porphyres du Morvan; 6 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 747. — 1845.)

227. — VICAT (L. F.). — Note sur la découverte d'une pouzzolane non volcanique dans le département des Ardennes, 3 pages. (*Annales des mines*, 4^e série, t. VIII, p. 527. — 1845.)
228. — ROYER (E.). — Notes sur les terrains jurassiques de la Haute-Marne et de l'Yonne et sur les grottes d'Arcy-sur-Cure, 16 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 705. — 1845.)
229. — LEYMERIE (A.). — Statistique géologique et minéralogique du département de l'Aube, avec atlas de 11 cartes, coupes, planches, etc. in-8, 676 pages; 1846. (Analyse dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 518. — 1846.)
230. — LE T. DE L. — Terrains crétacés inférieurs compris entre l'Yonne et l'Armanche comparés à leurs équivalents géologiques de la rive gauche de l'Yonne; in-8, 8 pages. — 1845.
231. — LONGUEMAR (de). — Notes géologiques sur les terrains compris entre l'Yonne et l'Armanche; 3 pages. (*Bulletin de la Société géologique*, 2^e série, t. II, p. 345. — 1845.)
232. — ARCHIAC (d') et de VERNEUIL. — Note sur une coupe du mont Pagnotte, à Creil, prolongée en suivant le chemin de fer du Nord jusqu'à Tartigny (Oise); 40 pages avec coupes. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 334. — 1845.)
233. — ROBERT (E.). — Rapprochement entre les atterrissements de la Loire, à Orléans, et ceux de rivières coulant dans des contrées bien différentes et très éloignées les unes des autres; une page et demie. (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. II, p. 282. — 1845.)
234. — HOPKINS (W.). — *On the geological structure of the Wealden district and of the bas Boulonnais*; 50 pages, 1 carte. Sur la structure géologique du district wealdien et du bas Boulonnais; 48 p. (*Transactions of the geological society of London*, t. VII, p. 1. — 1845.)
235. — AUSTEN (A. C.). — *On the coal beds of lower Normandy*. Sur les couches de houille de la basse Normandie, 5 pages. (*Quarterly journal of the geological society*, t. II, p. 1. — 1846.)
236. — CACARRIÉ. — Description géologique du département de Maine-et-Loire; in-8, 148 pages et une carte. — 1845.
237. — FRAPOLLI (L.). — Mémoire sur la disposition du terrain silurien dans le Finistère, et spécialement dans la rade de Brest; 52 pages et 2 planches. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 517. — 1845.)
238. — AUDIBERT. — Notice sur le gîte d'étain oxydé de Maupas (Morbihan). (*Annales des mines*, 4^e série, t. VII, p. 181. — 1845.)
239. — VIRLET (T.). — Notice sur l'origine métamorphique présumée du granite des environs de Vire (Calvados); in-4, 3 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 1222. — 1845.)
240. — ARCHIAC (A. d'). — Etudes sur la formation crétacée des versants sud ouest, nord et nord-ouest du plateau central de la France; 2^e partie, 150 pages, in-4. (*Mémoires de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 1, — 1846, et en extrait, *Bulletin de la Société géologique de France*, 12 pages, 2^e série, t. II, p. 142; et *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 307. — 1845.)
241. — BOULANGER (C.). — Statistique géologique et minéralogique du département de l'Allier; in-8, 496 pages. — 1845.)

242. — **BOULANGER** (C.). — Carte géologique, minéralogique et topographique du département de l'Allier; une feuille in-folio, avec 7 planches ou cartes. — 1845.
243. — **POMEL** (A.). — Mémoire pour servir à la géologie paléontologique des terrains tertiaires du département de l'Allier; 20 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 353. — 1846.)
244. — **POIRIER**. — Notice géologique sur la région du terrain tertiaire lacustre, traversée par le chemin de fer de Bert (Allier); 8 pages. (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. III, p. 346. — 1846.)
245. — **LYELL** (Ch.). — *On the age of the newest lava current of Auvergne, with remarks on some tertiary fossils of that country.* Sur l'âge des courants de lave les plus récents de l'Auvergne, et remarques sur quelques fossiles tertiaires de ce pays; 5 pages et coupe. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 75. — 1846.)
246. — **VIQUESNEL** (A.). — Description des filons de basalte injectés entre les couches de peperino du Puy-de-Montandon, en Auvergne; 3 pages. (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 2^e série, t. III, p. 15. — 1846.)
247. — **ROYS** (de). — Note sur la comparaison des bassins tertiaires du Midi avec celui de Paris; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 645. — 1846.)
248. — **GRUNER**. — Mémoire sur le gisement et la nature de quelques minerais de fer des environs de Privas et de la Voulte (Ardèche), 41 pages. (*Annales des mines*, 4^e série, t. VII, p. 473. — 1845.)
249. — **FAUVERGE**. — Note sur quelques roches et fossiles du confluent de l'Ardèche et du Rhône; 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 11. — 1845.)
250. — **MALBOS** (de). — Observations sur les formations géologiques du Vivarais; 13 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 731. — 1846.)
251. — **DUMAS** (E.). — Compte-rendu d'une excursion géologique faite aux environs d'Alais (Gard) par les membres de la Société géologique composant la réunion d'Alais en 1846; 4 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 662. — 1846.)
252. — **TEISSIER** (J.). — Compte-rendu d'une excursion géologique faite aux environs d'Alais (Gard) par les membres de la Société géologique de France composant la réunion de 1846; 4 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 752. — 1846.)
253. — **REYDELLET** (de). — Compte-rendu d'une excursion faite dans les environs d'Alais (Gard), dans le but d'en étudier le bassin houiller, par les membres de la Société géologique composant la réunion d'Alais en 1846; 5 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 725. — 1846.)
254. — **DUMAS** (E.). — Notice sur la constitution géologique de la région supérieure ou cévennique du département du Gard; 54 pages, 1 planche (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 666. — 1846.)
255. — **SERRES** (Marcel de). — Notice géologique sur le département de l'Aveyron; in-4, 95 pages, avec une planche offrant quatre coupes géologiques. (*Mémoires couronnés et Mém. des savants étrangers, publiés par l'Académie des sciences de Bruxelles*, t. XVIII, — 1844 et 1845.)

256. — **BOISSE**. — Note sur les dépôts gypseux des environs de Saint-Affrique (Aveyron); 30 pages avec carte et coupes. (*Annales des mines*, 4^e série, t. VIII, p. 3. — 1845.)
257. — **PEDRONI** (fils). — Catalogue minéralogique de la Gironde; 18 pages. (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XIII, p. 173. — 1845.)
258. — **PEDRONI** (fils). — Description de quelques ossements fossiles trouvés à Léognan (Gironde); 6 pages. (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XIII, p. 149. — 1845.)
259. — **PEDRONI** et **DELBOS**. — Rapport sur une excursion géologique faite aux environs de Blaye; 5 pages. (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XIII, p. 162. — 1845.)
260. — **PEDRONI** (fils). — Notice sur les calcaires nitrifères de la Gironde, et sur leur emploi utile; 3 pages. (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XIII, p. 167. — 1845.)
261. — **DELBOS** (J.). — Recherches sur l'âge de la formation d'eau douce de la partie orientale de la Gironde; 6 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 402. — 1846.)
262. — **LEYMERIE** (A.). — Exposition d'un plan pour la carte et la description géologique du département de la Haute-Garonne; 13 pages. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 3^e série, t. I. — 1845.)
263. — **LEYMERIE** (A.). — Coupe de collines comprises entre Mancieux et l'Escalère, au sud de Saint-Martoury, comprenant une grande partie du système crétacé des basses montagnes de la haute Garonne; in-8, 15 pages avec deux coupes. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 3^e série, t. II, p. 289. — 1846.)
264. — **LEYMERIE** (A.). — Note sur le terrain à nummulites des Corbières; 3 p. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 270; 1845. Rapport sur ce mémoire, par M. Dufrénoy. *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 921. — 1845.)
265. — **LEYMERIE** (A.). — Rapport sur le concours ouvert par l'Académie royale de la Société de Toulouse sur la description géologique de la partie du département du Gers comprise dans le bassin sous-pyrénéen. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 3^e série, t. II, p. 252. — 1846.)
266. — **LARTET**. — Considérations géologiques et paléontologiques sur le dépôt lacustre de Sansan et sur les autres gisements de fossiles appartenant à la même formation, dans le département du Gers, 4 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 316. — 1845.)
267. — **PREVOST** (Const.). — Sur le gisement des fossiles de Sansan (Gers), 8 pages avec 1 planche de 3 cartes et 5 coupes (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 338. *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 673. Rapport par M. Dufrénoy, *ibid.*, t. XXII, p. 698. — 1846.)
268. — **PRATT** (S.-P.). — Sur la géologie des environs de Bayonne; 3 pages in-4. (*Mémoires de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 185. — 1846.)
269. — **ARCHIAC** (A. d'). — Résumé d'une description des fossiles recueillis par M. Thorent aux environs de Bayonne, 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 475. — 1846.)

270. — **SERRES** (Marcel de). — Notes géologiques sur la Provence, 90 pages. (*Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux*, t. XIII, p. 1 et 172. — 1845. Et en extrait dans *l'Institut*, 1845, p. 17.)
271. — **SERRES** (Marcel de). — Sur les fossiles du bassin d'Aix (Bouches-du-Rhône); in-8, 7 pages. (*Annales des sciences naturelles* (Zoologie), 3^e série, t. IV, p. 249. — 1845.)
272. — **ROYS** (de). — Notes sur le terrain houiller de Toulon et sur les grès inférieurs au lias dans les Cévennes et le Lyonnais, 3 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 43. — 1845.)

Iles Britanniques.

273. — **FAVRE** (A.). — Notice sur les cartes géologiques de l'Angleterre; in-8, 18 pages. (*Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève*, 4^e série, t. III, p. 344. — 1846.)
274. — **FORBES** (E.). — *On the question, whence and when came the plants and animals now inhabiting the british isles and seas?* Sur la question : D'où et quand sont arrivés les plantes et les animaux qui habitent actuellement les îles et les mers britanniques? (*Athenæum*, n° 958. — 1846.)
275. — **MANTELL** (G. A.). — *Geological map of the isle of Wight*. Carte géologique de l'île de Wight. (*Athenæum*, 1846, p. 968.)
276. — **IBBETSON** and **FORBES**. — *Models and sections of various parts of the isle of Wight*. Modèles et coupes de diverses parties de l'île de Wight. (*Athenæum*, 1846, p. 968.)
277. — **MANTELL** (G.-A.). — *Notes on the wealden strata of the isle of Wight, with an account of the bones of Iguanodon and other reptiles discovered at Brook Point and Sandown Bay*. Notes sur les couches wealdiennes de l'île de Wight, et description des os de l'Iguanodon et autres reptiles découverts à Brook-Point et Sandown-Bay, 5 pages et demie. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 91. — 1846.)
278. — **PRESTWICH** (J.). — *On the tertiary or supracretaceous formations of the isle of Wight as exhibited in the sections at Alum Bay and White Cliff Bay*. Sur les formations tertiaires ou supra-crétacées de l'île de Wight, telles qu'elles sont mises à découvert dans les coupes d'Alum-Bay et de White-Cliff-Bay; 36 pages et coupes coloriées. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 223. — 1846.)
279. — **PRESTWICH** (J.). — *On the occurrence of Cypris in a part of tertiary freshwater strata of the isle of Wight*. Sur la présence de Cypris dans une partie des couches de formation tertiaire de l'île de Wight. (*Athenæum*, 1846, p. 968.)
280. — **BÊCHE** (H. de la). — *Report on the geology of Cornwall, Devon and west-Somerset, published by order of the Lords commissioners of H. M. Treasury*. Rapport sur la géologie du Cornouailles, du Devon et du Somerset occidental, publié par ordre des lords commissionnaires de la Trésorerie; in-8 avec cartes, coupes et 12 grandes planches.
281. — **BROWN** (J.). — *On certain conditions and appearances of the strata on the coast of Essex, near Walton*. Sur certaines particularités et apparences des couches sur la côte d'Essex, près de Walton; 1 page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 341. — 1845.)

282. — **PRESTWICH** and **MORRIS**. — *On the wealden strata exposed by the Tunbridge Wells railway*. Sur les couches wealdiennes mises à découvert par le chemin de fer de Tunbridge-Wells; 8 pages et demie et plusieurs coupes. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 397. — 1846.)
283. — **RENNIE** (G.). — *Notice accompanying a specimen of a calcareous band in the plastic clay from the bed of the Thames*. Notice accompagnant un échantillon d'une bande calcaire dans l'argile plastique du lit de la Tamise; demi-page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 260. — 1846.)
284. — **SEDGWICK** (A.). — *On the geology of the neighbourhood of Cambridge, including the formations between the chalk escarpement and the great Bedford level*. Sur la géologie des environs de Cambridge, comprenant les formations entre l'escarpement de la craie et le grand niveau de Bedford. (*Athenæum*, 1845, p. 642.)
285. — **SANDERS** (W.). — *Sections made on the line of the Great-Western-railway, between Bristol and Taunton*. Coupes obtenues sur la ligne du Great-Western-railway, entre Bristol et Taunton. (*Athenæum*, 1846, p. 1025.)
286. — **IBBETSON**. — *Sections of the great oolite, fuller's earth and inferior oolite, as seen in the Great-Western-railway cuttings and tunnels, near Sapperton in Gloucestershire*. Coupes de la grande oolite, du Fuller's earth et de l'oolite inférieure, telles qu'elles sont mises à nu dans les tranchées et les tunnels du chemin de fer de Great-Western-railway, près de Sapperton, dans le Gloucestershire. (*Athenæum*, 1846, p. 968.)
287. — **WILLIAMS** (D.). — *On the circumstances and phænomena presented by the granits of Lundy island, and of Hestercombe in the Quantock hills, compared with those which characterise the granites of Devon and Cornwall*. Sur les circonstances et phénomènes que présente le granite de l'île de Lundy, et de Hestercombe, dans les collines Quantock, comparés avec ceux qui caractérisent les granites du Devon et du Cornouailles; 2 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 68. — 1846.)
288. — **MURCHISON** (R.-J.). — *Outline of the geology of the neighbourhood of Cheltenham; a new edition augmented and revised by J. Buckman and H. Strickland*. Esquisse géologique des environs de Cheltenham, nouvelle édition revue et augmentée par J. Buckman et H. Strickland; in-8, 169 pages. — 1845.)
289. — **DICKINSON** (J.). — *On the strata called Jackstones at Merthyr Tydvil*. Sur les couches appelées Jackstones à Merthyr-Tydvil (Glamorgan-shire); 1 page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 131. — 1846.)
290. — **BUCKMAN**. (J.). — *On the age of the silurian limestone of Hay head, near Barr Beacon, in Staffordshire*. Sur l'âge du calcaire silurien de Hay head près de Barr Beacon dans le Staffordshire. (*Athenæum*, 1846, p. 968.)
291. — **HALL** (E.). — *Notice of the toadstones of Derbyshire*. Notice sur les toadstones du Derbyshire. (*Athenæum*, 1845, p. 747.)
292. — **DAVIS** (J.-E.). — *On the geology of neighbourhood of Tremadoc, Caernarvonshire*. Sur la géologie des environs de Tremadoc, Caernar-

- vonshire ; 5 pages et coupe. (*Quarterly journal of the geological Society*, tom. II, p. 70. — 1846.)
293. — **OSMEROD** (G.-W.). — *On the Northwich salt-field*. Sur le bassin salifère de Northwich. (*Athenæum*, 1846, p. 967.)
294. — **BINNEY** (E.-W.). — *On the relation of the new red sandstone to the carboniferous strata in Lancashire and Cheshire*. Sur les relations du nouveau grès rouge avec les couches carbonifères dans le Lancashire et le Cheshire ; 15 pages, avec de nombreuses coupes. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 12. — 1846.)
295. — **SHARPE** (D.). — *Contributions to the geology of North-Wales*. Contributions à la géologie de la Galles du Nord ; 32 pages, avec coupes et carte. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 283. — 1846.)
296. — **RANSAY** (A.-C.). — *On the denudation of South-Wales and the adjacent counties*. Sur la dénudation de la Galles du Sud et des contrées adjacentes. (*Athenæum*, 1845, p. 676.)
297. — **HAIR**. — *Sketches of the coal mines in Northumberland and Durham*, etc. Esquisses des mines de houille du Northumberland et de Durham, renfermant une série de plans et de vues prises dans ces mines, avec un essai préliminaire sur la houille et son commerce ; 54 p. et 42 pl. in-fol.
298. — **SEDGWICK** (A.). — *On the comparative classification of the fossiliferous strata of North-Wales, with the corresponding deposits of Cumberland, Westmoreland and Lancashire*. Sur la classification comparée des couches fossilifères de la Galles du Nord et des dépôts correspondants du Cumberland, du Westmoreland et du Lancashire ; 8 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 442. — 1845.)
299. — **SEDGWICK** (A.). — *On the classification of the fossiliferous slates of Cumberland, Westmoreland and Lancashire*. Sur la classification des schistes fossilifères du Cumberland, du Westmoreland et du Lancashire ; 24 pages et de nombreuses coupes. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 106 et 122. — 1846.)
300. — **CUMMING** (J.-G.). — *On Posidonian schist amidst trappæan beds, and on traces of drift-ice in the south of the isle of Man*. Sur un schiste à Posidonies intercalé entre des couches de trapp, et sur les traces d'un transport glaciaire dans le sud de l'île de Man. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
301. — **CUMMING** (J.-G.). — *On the geology of the isle of Man*. Sur la géologie de l'île de Man ; 32 pages, carte et coupes coloriées. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 317. — 1846.)
302. — **NICOL** (J.). — *Guide to the geology of Scotland*. Guide du géologue en Écosse ; 1 vol., avec carte coloriée, 272 pages.
303. — **FORSYTH** (Ch.). — *On the mines, minerals and geology of West-Lothian*. Sur les mines, minéraux et la géologie du Lothian occidental, avec carte géologique coloriée.
304. — **BALD**. — *On the Muschet Band, commonly called the Black Band ironstone of the coal field of Scotland*. Sur la Bande noire ferrugineuse, du bassin houiller de l'Écosse. (*Athenæum*, 1846, p. 1026.)
305. — **STEVENSON** (W.). — *On the geology of Corckburn-law and its neighbourhood*. Sur la géologie de Corck burn-law, (Berwickshire) et de ses

- environs; 14 pag., avec carte et coupes. (*Transactions of the royal Society of Edinburgh*; t. XVI, p. 33, et en extrait. *Edinburgh new-philosophical journal*, t. XXXVIII, p. 367. — 1845.)
306. — WICKINSON. — *Practical geology and ancient architecture of Ireland*. Géologie pratique et ancienne architecture de l'Irlande; avec pl., 348 pages, in-8. — 1845.
307. — PORTLOCK. — *Report on the geology of the County of Londonderry, and of parts of Tyrone and Fermanagh*. Rapport sur la géologie du comté de Londonderry et d'une partie de ceux de Tyrone et Fermanagh.
308. — BRYCE (J.). — *Notice on a tertiary deposit lately discovered in the neighbourhood of Belfast*. Notice sur un dépôt tertiaire récemment découvert dans le voisinage de Belfast; 3 pages. (*Philosophical Magazine*, t. XXVI, p. 433. — 1845.)
309. — BUCKLAND (W.). — *On the occurrence of nodules called petrified potatoes found on the shores of Lough-Neagh in Ireland*. Sur les nodules (appelés pommes de terre fossiles) trouvés sur la côte de Lough-Neagh en Irlande; une demi-page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 104. — 1846.)
- Suisse et Savoie.*
310. — WISER (F.). — *Beitraege zur topographischen Mineralogie des Schweizer-Landes*. Matériaux pour servir à la topographie minéralogique de la Suisse; in-8, 9 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 577.)
311. — STUDER (B.). — *Aperçu de la structure géologique des Alpes*, 2^e éd.; in-8, 34 pages, 1 planche. — 1845.
312. — ROZET (C. A.). — *Observations sur la constitution géologique des Alpes*. (*L'Institut*, 1845, p. 71.)
313. — FOURNET (J.). — *Suite des recherches sur la géologie de la partie des Alpes comprise entre le Valais et l'Oisans. Coupe géologique de Martigny à Evionnaz*; in 8, 112 pages. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*. — 1845.)
314. — STUDER (B.). — *Lettre à M. Martins sur les coins calcaires intercalés dans les gneiss des hautes Alpes bernoises*. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 208. — 1846.)
315. — MOUSSON (A.). — *Bermerkungen ueber die natürlichen Verhaeltnisse der Thermen von Aix in Savoyen*. Observations sur les rapports naturels des thermes d'Aix, en Savoie; in-4, 48 pages, avec une carte et 2 planches de coupes. (*Nouveaux Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, t. VIII. — 1846.)
316. — GRESSLY (A.). — *Uebersicht der Geologie de nordwestlichen Aargau's*. Coup d'œil sur la géologie du nord-ouest de l'Argovie; in-8, 11 pages. (*Leonard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 153.)
317. — ESCHER von der LINTH (A.). — *Gebirgskunde des Kanton's Glarus*. Géologie du canton de Glarus; in-12, 41 pages, avec une carte coloriée et une planche offrant quatre coupes. — 1846.)
318. — OSTERVALD (J. F. d'). — *Tableau des hauteurs au-dessus de la*

mer des principaux points du canton de Neuchâtel, 30 pages. (*Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, t. III, p. 240. — 1846.)

319. — GUYOT (A.). — Notice sur la carte du fond des lacs de Neuchâtel et de Morat ; in-4 avec une carte. (*Mémoire de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, t. III, p. 249. — 1846.)

Allemagne.

320. — D'OMALIUS D'HALLOY (J. J.). — Sur les grès du Luxembourg. (*L'Institut*, 1845, p. 447.)
321. — SEDGWICK und MURCHISON. — *Geognostische Karte der Rheinlande*. Carte géologique des provinces rhénanes, éditée par G. Léonhard : in-fol. — 1845.)
322. — GUEMBEL (E.-W.). — *Geognostische Bemerkungen ueber den Donnersberg*. Remarques géologiques sur le mont Tonnerre ; in-8, 25 pages, avec pl. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geologie*, p. 542. — 1846.)
323. — LEONHARD (v.). — *Die Eisenstein-Gaenge ben Schlettenbach und Bergzabern in Rheinbaiern*. Les filons de minerai de fer près de Schlettenbach et de Bergzabern, dans la Bavière rhénane ; in-8, 15 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 2.)
324. — SANDBERGER. — *Ueber die Mineralien des Laacher see's*. Sur les minéraux du lac de Laach ; in-8, 8 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 440.)
325. — ROEMER (F.). — *Ueber die zur Kreide-Formation gehærigen Gesteine in der Gegend von Aachen*. Sur les roches appartenant à la formation crétacée dans les environs d'Aix-la-Chapelle ; in-8, 19 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 385.)
326. — LEONHARD (G.). — *Geologische Skizze des Grossherzogthums Baden*. Esquisse géologique du grand-duché de Bade ; in-8, 18 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 26.)
327. — ROMINGER. — *Vergleichung des Schweitzer Jura's mit der Wurtembergischen Alb*. Parallèle entre le Jura suisse et l'Albe wurtembergeoise ; in-8, 13 pages. (*Leonhard's Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 293.)
328. — HEHL. — *Geognostische Beschreibung des Oberamts Esslingen*. Description géologique du district d'Esslingen ; in-8, 12 pages. — 1845.)
329. — GUTBERLET (C.-J.). — *Ueber die Phonolithe und Trachyte der Rhoen-Berge*. Sur les phonolithes et les trachytes des montagnes de Rhoen ; in-8, 10 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 129.)
330. — GUTBERLET (C. J.). — *Beitraege zur mineralogischen Topographie von Kurhessen*. Matériaux pour servir à la topographie mineralogique de la Hesse électorale ; in-8, 13 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 15.)
331. — GRANDJEAN. — *Der Lahn-Tunnel bey Weilburg*. Le tunnel de la Lahn, près de Weilburg ; in-8, 9 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 448.)
332. — DECHEN (v.). — *Vorkommen des Schwerspaths als Gebirgsschicht bey Meggen an der Lenne*. De l'existence d'une couche de baryte près de Meggen, sur les bords de la Lenne ; in-8, 6 pages. (*Karsten's und Dechen's, Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 748. — 1845.)

333. — **DECHEN** (v.). — *Die Feldspath Porphyre in den Lenne Gegenden*. Les porphyres feldspathiques des environs de Lenné; in-8, 96 pages, avec une carte et 6 profils. (*Karsten's und Dechen's, Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 367. — 1845.)
334. — **SCHMID** (E.) und **SCHLEIDEN** (J.). — *Die geognostischen Verhaeltnisse des Saal Thals bey Iena*. Les rapports géologiques de la vallée de la Saal, près d'Iéna, 76 pages, avec une carte et 4 planches. — 1846.
335. — **BREDERLOW**. — *Der Harz zur Belehrung und Unterhaltung für Harzreisende*. Le Harz, pour l'instruction et l'agrément des voyageurs qui le parcourent; in-12. Géologie. — 1845.
336. — **ZENCKER**. — *Systematische Uebersicht der Gaenge und Lager des Harzes welche metallführend sind*. Tableau systématique des filons et gîtes métallifères du Harz; in-4, 13 pages. (*Nova acta Academiae naturæ curiosorum*, t. XXI, p. 699. — 1845.)
337. — **FRAPPOLI** (L.). — *Lagerung der secundaeren Floetze im Norden des Harzes nebst einigen Betrachtungen über die Bildung der Erdrinde und den Ursprung der Gypse, Dolomite und Steinsalze*. Rapports de position des couches secondaires dans le nord du Harz, avec quelques observations sur la formation de la croûte terrestre et l'origine des gypses, des dolomies et des sels gemmes; in-8, 24 pages. (*Poggendorff's Annalen der Physik*, t. LXIX, p. 481. — 1846.)
338. — **BOLL** (E.). — *Geognosie der deutschen Ostseelaender zwischen Eider und Oder*. Géognosie des provinces allemandes de la Baltique, entre l'Eider et l'Oder, avec la collaboration du docteur G.-A. Brückner; in-8, 284 pages. — 1846.
339. — **GUMPRECHT** (T.-E.). — *Ueber einige geognostische Verhaeltnisse des Gross-herzogthums Posen und der ihn angrenzenden Landstriche*. Sur la constitution géologique du grand-duché de Posen et de quelques contrées avoisinantes; in-8, 40 pages. (*Karsten's und Dechen's, Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 627. — 1845.)
340. — **ZEUSCHNER** (L.). — *Die Glieder des Jura an der Weichsel*. Les formations jurassiques des bords de la Vistule; in-8, 22 pages. (*Karsten's und Dechen's, Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 605. — 1845.)
341. — **GUMPRECHT** (T. E.). — *Zur geognostischen Kenntniss von Pommern*. Matériaux pour servir à la connaissance géologique de la Poméranie; in-8, 70 pages. (*Karsten's und Dechen's, Archiv für Mineralogie*, t. XX, p. 404. — 1846.)
342. — **GOEPPERT** (H. R.). — *On the origin of the coal of Silesia*. Sur l'origine de la houille de Silésie. (*Athenæum*, 1846, p. 966.)
343. — **OSWALD** (F.). — *On the occurence of silurian rocks at the villages of Ober and Neu-Schmollen, near Breslau in Silesia, and covering an area of about eight square english miles*. Sur l'existence de roches siluriennes aux villages d'Ober et Neu Schmollen, près de Breslau, en Silésie, et recouvrant un espace d'environ 8 milles carrés anglais. (*Athenæum*, 1845, p. 642.)
344. — **NAUMANN** (C.-F.). — *Geognostische Beschreibung des Kœnigreichs Sachsen und der augraenzenden Laender Abtheilungen*. Description géologique du royaume de Saxe et des contrées environnantes; 5 vol. in-8, avec 5 planches de coupes. — 1845.

345. — GOESSEL (H.). — *Beitraege zur Gaea von Sachsen*. Matériaux pour servir à la géologie de la Saxe; in-8, 11 pages. (*Sachse's Allgemeine deutsche naturhistorische Zeitung*; 1^{re} année, p. 314. — 1846.)
346. — FREIESLEBEN. — *Magazin für die Oryctographie von Sachsen*. Magazin pour l'oryctographie de la Saxe, 11^e et 12^e livrais. Des combustibles fossiles, de l'or et du mercure; in-8, 366 pages. — 1845.
347. — ANONYME. — *Die Braunkohlen nahe bei Leipzig und einem Theile des Leipziger Kreises*. Les lignites près de Leipsig et dans une partie des environs; in-8, 48 pages. — 1846.)
348. — FALLOU (F.-A.). — *Die Gebirgsformationen zwischen Mitweida und Rochlitz, der Zschopau und beiden Mulden, und den Einfluss auf die Vegetation*. Les formations comprises entre Mitweida et Rochlitz, la Zschopau et les deux Muldes, et leur influence sur la végétation; in-4; 96 p. — 1845.
349. — CREDNER (H.). — *Geognostische Bemerkungen über die Umgegend von Ilmenau*. Observations géognostiques sur les environs d'Ilmenau; in-8, 19 pages, avec une carte et deux coupes. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 129.)
350. — SCHAFHÆUTL. — *Beitraege zur naehern Kenntniss der Bayerischen Vor-alpen*. Matériaux pour servir à la connaissance des Alpes bavaroises; in-8, 54 pages, avec deux planches et des bois. (*Leonhards' neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 64.)
351. — SCHAFHÆUTL. — *Einige Bemerkungen über die Nummuliten, vorzüglich des bayerischen æstlichen Vorgebirges*. Quelques observations sur les nummulites, et surtout sur celles des Alpes orientales de la Bavière; in-8, 15 pages, avec 10 figures. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 406.)
352. — ESCHER von der LINTH (A.). — *Beitraege zur Kenntniss der Tyroler und Bayerischen Alpen*. Observations sur les Alpes tyroliennes et bavaroises; in-8, 25 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 536.)
353. — PETZOLDT (A.). — *Beitraege zur Geognosie von Tyrol*. Matériaux pour servir à la géognosie du Tyrol; in-8, avec 54 bois. — 1845.
354. — KLIPSTEIN (A.). — *Beitraege zur geologischen Kenntniss der æstlichen Alpen*. Matériaux pour servir à la géologie des Alpes orientales; 3^e livraison. — 1845.)
355. — FOURNET (J.). — Note sur les résultats sommaires d'une exploration géologique du Tyrol méridional et de quelques parties des régions subalpines de l'Italie; 13 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 2. — 1845.)
356. — ESCHER von der LINTH. — *Geognostische Beobachtungen über einige Gegenden des Vorarlbergs*. Observations géologiques sur quelques contrées du Vorarlberg; in-8, 22 pages, avec 4 figures. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 421.)
357. — PUSCH (G. G.). — *Vorläufige Nachricht von neu aufgefundenen mächtigen Steinsalzflætzen bei Stebnik in Ost-Galizien*. Découverte de puissantes couches de sel gemme près de Stebnik, dans la Gallicie orientale; in-8, 5 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 286.)
358. — LOESCHE. — *Geognostische Darstellung der Gegend von Ausec in Steiermarck*. Description géologique des environs d'Ausée en Styrie;

- in-8, 23 pages. (*Sachse's Allgemeine deutsche naturhistorische Zeitung*, 1^{re} année, p. 241 et 345. — 1846.)
359. — BARRANDE (J.) — Notice préliminaire sur le système silurien et les Trilobites de Bohême; in-8, 97 pages. — 1846.
360. — WARNSDORFF (R. v.). — *Einige Bemerkungen ueber die Granite von Karlsbad*. Quelques observations sur les granites de Karlsbad; in-8, 49 pages avec une carte et 9 vues géologiques. (*Leonhards neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 386.)
361. — MUELLER (H.). — *Geognostische Skizze der Greifendorfer Serpentin-Partie*. Esquisse géologique des Serpentes de Greifendorf; in-8, 30 p. avec une carte, 4 coupes et 6 figures. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 257.)
362. — ZINCKEN (C.). — *Ueber die Granitraender der Gruppe des Ramberges und der Rosstrappe*. Des escarpements granitiques des groupes du Ramberg et du Rosstrapp; in-8, 22 pages avec une carte (*Karsten's und Dechen's Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 583. — 1845.) c'est la suite d'un mémoire inséré t. X, p. 323.
363. — ZEUSCHNER (L.). — *Ueber das Verhältniss des fucoiden Karpathen-Sandsteins zum Ammoniten-Kalke am N. Abhange der Tatra und ueber das relative Alter dieser Sedimente*. Sur la relation du grès à fucoides des Karpathes avec le calcaire à ammonites du versant septentrional du Tatra, et sur l'âge relatif de ces couches sédimentaires; in-8, 47 p. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 471)
364. — ZISPER. — *Das Phænomen von Nagg-Olaszy in Ungarn, kein Schlamm Vulcan*. Le phénomène de Nagg-Olaszy, en Hongrie, n'est point un volcan de boue; in-8, 2 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 696.)
365. — DUFRENOY (A.). — Rapport sur un travail de M. A. Burat intitulé : *Etudes sur les gîtes métallifères de l'Allemagne*; 10 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 1327. — 1845.)

Scandinavie.

366. — DÉSOR (E.). — Sur le terrain danien, nouvel étage de la craie. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. IV, p. 179. — 1846.)
367. — VIBE (A.). — *On the heights of mountains, in Norway*. Sur les hauteurs de montagnes, etc., en Norvège, d'après diverses sources; 7 pages. (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXVIII, p. 232. — 1845.)
368. — LAING (G.). — *The geology of Norway as connected with the absence of a feudal nobility, and the want of great public building*. La Géologie de la Norvège, dans ses rapports avec l'absence d'une noblesse féodale et le manque de grands édifices publics; 2 pages et demie. Extrait de l'ouvrage de M. Laing intitulé : « *Sea kings of Norway*. » (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XL, p. 388. — 1846.)
369. — EICHWALD (E.). — *Einige vergleichende Bemerkungen zur Geognosie Scandinaviens and der westlichen Provinzen Russlands*. Remarques comparatives sur la géognosie de la Scandinavie et des provinces occidentales de la Russie; in-8, 154 pages. (*Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*, 1846, p. 3.)

370. — **MURCHISON** (R.-I.). — *On the palæozoic deposits of Scandinavia and the Baltic provinces of Russia, and their relations to azoic or more ancient crytallins rocks, with an account of some great features of dislocation and metamorphism along then northern frontiers.* Sur les dépôts paléozoïques de Scandinavie et des provinces baltiques de la Russie, et leurs relations avec les roches azoïques ou cristallines plus anciennes; avec un précis sur les principaux points de dislocation et de métamorphisme le long de leurs frontières septentrionales; 28 pages et coupes. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 467. — 1845.)
371. — **FORCHHAMMER**. — *Foredrag over en Udviklings suite of Ofvergansformationen i Skaane.* Sur le développement du terrain de transition en Skanie; in-8, 6 pages. (*Oversigt over det Kongl danske Videnskabernes Selskabs Forhandlinger*, 1845, p. 78.)
372. — **BRAVAIS** et **MARTINS**. — *Voyage en Laponie, de la mer Glaciale au golfe de Bothnie, contenant un nivellement barométrique d'une mer à l'autre*, 42 pages. (*Voyage en Scandinavie de la corvette la Recherche*. Géographie physique, t. II, p. 98; *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LVIII, p. 447. — 1845; et *Nouvelles annales des voyages*, 5^e série, t. I, p. 209. — 1846.)
373. — **DESCLOIZEAUX** (A.). — *Note sur la hauteur de l'Hécla et sur l'éruption qui a eu lieu en septembre 1845*; in-4, 2 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXIII, p. 771. — 1846.)

Russie, Turquie d'Europe et Grèce.

374. — **MURCHISON**, **VERNEUIL** (de) et **KEYSERLING** (de). — *The Geology of Russia in Europe and the Oural mountains.* Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural; 2 vol. in-4. — 1845. — Tome I (texte anglais), géologie, 700 pages, nombreuses coupes et carte coloriée; t. II (texte français), paléontologie, 512 pages, 50 planches de fossiles. (Extraits dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 568, 1845; et t. III, p. 382, 1846; et les *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 4166. — 1845.)
375. — **AUERBACH** et **FREARS**. — *Notice sur quelques passages de l'ouvrage de MM. Murchison, de Verneuil et Keyserling, intitulé : Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural*; in-8, 14 pages et 4 planches. (*Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou*, 1846, p. 486.)
376. — **BLOEDE** (G.). — *Versuch einer Darstellung der Gebirgsformation's System im Europaeischen Russland.* Essai d'une exposition des formations de la Russie d'Europe; in-8, avec une carte et une coupe. (*Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou*, 1845, p. 128.)
377. — **MURCHISON** (R. J.). — *On the gold produce of Siberia.* Sur les produits aurifères de Sibérie; 4 pages. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, 1846, p. 340.)
378. — **SJEMASZKO**. — *Vorlaeufige Nachricht über anstehende devonische Schichten im Gouvernement Saint-Petersburg.* Indication des couches devoniennes dans le gouvernement de Saint-Petersbourg; in-8, 13 pages. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. IV, p. 340. — 1845.)

379. — OLIVIERI. — *Geognostische Beobachtungen in den Gouvernements von Tula, Moskau, Rjasan und Nijneinowgorod*. Observations géognostiques dans les gouvernements de Tula, Moscou, Rjasan et Nijninovogorod; in-8, 24 pages. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. IV, p. 435. — 1845.)
380. — ANONYME. — *Die Karte der Oka im Moskauer und in den angränzenden Gouvernements zur Beschreibung der Kohlen und Jura Formationen in denselben*. Carte de l'Oka, dans le gouvernement de Moscou et les gouvernements voisins, pour servir à la description des formations carbonifères et jurassiques de ce pays; in-4. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. V, p. 561. — 1846.)
381. — ROUILLER et FREARS. — Coupe géologique des environs de Moscou; in-8, 44 pages. (*Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou*, 1845, p. 553.)
382. — ROUILLER (C.). — Explication de la coupe géologique des environs de Moscou. (*Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou*; in 8, 42 pages, 1846, p. 444.)
383. — OSERSKJI. — *Bemerkungen ueber geognostische Verhaeltnisse und geologische Ereignisse in Esthland*. Observations sur la géognosie et des phénomènes géologiques en Esthonie; in-8, 9 pages. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. IV, p. 487. — 1845.)
384. — LAPIE et VIQUESNEL. — Carte géologique coloriée de la Macédoine, d'une partie de l'Albanie, de l'Épire et de la Thessalie, d'après les renseignements recueillis en 1838 par M. Viquesnel; 4 f. — 1845.
385. — HAUSMANN. — Documents pour servir à l'oryctographie de l'île de Syra. (*L'Institut*, 1845, p. 125.)
386. — SAUVAGE. — Description géologique de l'île de Milo, 32 pages avec carte et coupes. (*Annales des mines*, 4^e série, t. X, p. 69. — 1846.)
387. — SAUVAGE. — Observations sur la géologie d'une partie de la Grèce continentale et de l'île d'Eubée, 56 pages avec carte et coupe. *Annales des mines*, 4^e série, t. X, p. 401. — 1846.)

Italie.

388. — PILLA (L.). — *Saggio comparativo dei terreni che compongono il suolo d'Italia*. Essai comparatif sur les terrains qui composent le sol de l'Italie; in 8, 137 pages, 4 pl. — 1845.
389. — BUCH (L. de). — Sur les caractères distinctifs des couches jurassiques supérieures dans le midi de l'Europe; 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série; t. II, p. 359, — 1845.)
390. — COQUAND (H). — Note sur les terrains tertiaires d'Italie; 6 p. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 377. — 1845.)
391. — PILLA (L.). — *Richerche intorno alla vera posizione geologica del terreno del Macigno in Italia e nel mezzogiorno d'Europa*. Recherches sur la véritable position géographique du macigno en Italie et dans le midi de l'Europe; in-8, 40 pages; en extrait dans les *Comptes-rendus de l'académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 97. Rapport sur ce mémoire par M. Dufrenoy. *Ibid.* t. XXI, p. 921. — 1845.
392. — BUCH (L. de). — Sur l'existence du *Muschelkalk* dans les Alpes de la Lombardie et sur une *Trigonia* qui paraît le caractériser; une page

avec fig. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 348. — 1845.)

393. — GIRARD. — *Geologische Reise-Bemerkungen aus Italien*. Observations géologiques faites pendant un voyage en Italie; in-8, 22 pages. *Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 769.)
394. — ZIGNO (A. de). — *Sul terreno cretaceo dell' Italia settentrionale*. Observations sur le terrain crétacé de l'Italie septentrionale; 42 p. 4 pl. — 1846.
395. — MARMORA (de la) et de CANDIA. — *Carta dell' Isola e regno di Sardegna*. Carte de l'île et royaume de Sardaigne, 2 feuilles. — 1845.
396. — SISMONDA (A.). — *Notizie e schiarimenti sulla costituzione delle Alpi piemontesi*. Notes et éclaircissements sur la constitution des Alpes piémontaises; in-4, 423 pages, 3 pl. (*Mémoires de l'Académie royale des sciences de Turin*, 2^e série, t. IX.)
397. — COQUAND (H.). — Sur les terrains stratifiés de la Toscane; 42 p., avec planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 455.)
398. — SAVI (P.). — *Considerazioni geologiche sull' Appennino Pistoiese*. Considérations géologiques sur l'Appennin des environs de Pistoie; in 8, 32 pages. — 1845.
399. — COQUAND (H.). — Notice sur un gissement de gypse au promontoire Argentario en Toscane; 49 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 302, — 1846.)
400. — PILLA (L.). — *Breve cenno sopra la ricchezza minerale della Toscana*. Court aperçu sur la richesse minérale de la Toscane; in-8, 225 pages. — 1845. En extrait dans le *Bulletin de la Société géologique de France*; 5 pages, 2^e série, t. III, p. 444. — 1846.
401. — DUFRENOY. — Rapport sur un Mémoire de M. A. Burat, intitulé Etudes sur les terrains et les gîtes métallifères de la Toscane, 10 pag. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 4327. — 1845.)
402. — HOMBRES-FIRMAS (d'). — Note sur les mines de mercure de Ripa, près de Pietra-Santa en Toscane. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, t. II, p. 267. — 1845.)
403. — PILLA (L.). — Notice géologique relative au creusement d'un puits artésien dans la plaine de Livourne; 2 pages, avec une planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série II, p. 402. — 1845.)
404. — PILLA (L.). — Nouveau mémoire sur le terrain étrusque; in-4, 2 pages. (*Mémoires de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 463; 1846. Et en extrait, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 921. — 20 octobre 1845.)
405. — ORSINI et SPADA-LAVINI. — Note sur la constitution géologique de l'Italie centrale; 6 pages avec 1 pl. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 408. — 1845.)
406. — RUSSEGGER (J.). — *Geognostische Reisen in Modena im Jahr 1843*. Voyages géologiques dans le duché de Modène; in-8, 44 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 562.)
407. — CANGIANO (L.). — Sur la hauteur du Vésuve; in-4, une demi-page. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 736. — 4 mai 1846.)

408. — **PILLA (L.)**. — Sur quelques minéraux recueillis au Vésuve et à la Roccamonfina. (Extrait d'une lettre à M. Elie de Beaumont; in-4, 4 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 324. — 4 août 1845.)
409. — **HAAGEN VON MATHIESEN**. — *Die Wiederherstellung der Stadt Puzzuolo*. La restauration de la ville de Pouzzoles tirée de la vie de Pierre de Tolède; in-8, 9 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, p. 699. — 1846.)
410. — **PRÉVOST (Const.)**. — Note sur le terrain nummulitique de la Sicile; in-8, 7 pages, 1 planche. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 27. — 1845.)
411. — **WALTERSHAUSEN (W. S. v.)**. — *Abstract of a paper on the physico-geographical description of mount Etna*. Extrait d'une description physico-géographique du mont Etna. (*Athenæum*, 1845, p. 675.)
412. — **WALTERSHAUSEN (W. S. v.)**. — *Ueber die submarinen vulkanischen Ausbrüche in der tertiär Formation des Val di Noto im Vergleich mit verwandten Erscheinungen am Etna*. Sur les éruptions volcaniques sous-marines dans la formation tertiaire du Val di Noto comparées avec des phénomènes semblables de l'Etna, 62 pages. (*Gættinger Studien*, t. I, p. 371. — 1845.)

Espagne.

413. — **EZQUERRA DEL BAGNO**. — *Indicaciones geognosticas sobre las formaciones terciarias del centro de Espana*. Indications géognostiques sur les formations tertiaires du centre de l'Espagne; 46 pages. (*Anales de minas*, t. III, p. 300. — 1845.)
414. — **AMADIO (D.)**. — *Descripcion geognostica y minera del distrito de Aragón y Cataluna*. Description géognostique et minéralogique du district d'Aragon et de Catalogne; 78 pages avec planche. (*Anales de minas*, t. III, p. 493. — 1845.)
415. — **SCHULZ (G.)**. — *Resena geognostica de la provincia de Asturias*. Revue géognostique de la principauté des Asturies; in 8, 46 pages. (*Annales des mines*, t. I. — 1845.)
416. — **VERNEUIL (de) et d'ARCHIAC**. — Recherches sur quelques-unes des roches qui constituent la province des Asturies (Espagne); par M. Ad. Paillette; suivies d'une notice sur les fossiles qu'elles renferment; 46 pages avec figures de fossiles et coupes. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 439. — 1845.)
417. — **PRATT (S.-P.)**. — *On the coal deposits of the Asturias*. Sur les dépôts houillers des Asturies. (*Athenæum*, 1845, p. 676.)
418. — **EZQUERRA DEL BARJO (J.)**. — *Sobre los antiguos digues de la cuenca terciaria del Duero*. Sur les anciennes digues du bassin tertiaire du Duero; 33 pages. (*Anales de minas*, t. III, p. 317. — 1845.)
419. — **PAILLETTE (A.)**. — Lettre sur le terrain carbonifère de Pola de Lena de Mierès del Camino et le groupe de Puerto-Suebe; 4 p. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 450. — 1846.)
420. — **AMAR DE LA TORRE (R.)**. — *Apuntes geognosticos y mineros relativos a una parte de las provincias de Grenada y Almeria*. Notes géognos-

tiques et minéralogiques relatives à une partie de la province de Grenade et d'Almérie. (*Boletín oficial de minas*, 1845, p. 409.)

421. — BURAT (A.). — Sur le terrain métallifère d'Espagne; 4 p. (*L'Institut*, 1846, p. 67.)
422. — BOUCHACOURT (Ch.). — Mémoire sur l'industrie métallurgique de la province de Murcie, en Espagne; in-8, 50 pages avec pl. — 1846.
423. — PELLICO (R.). — Extrait d'un mémoire sur les gîtes argentifères de Hiendelaencia, en Espagne; 3 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 648. — 1846.)

ASIE.

424. — HELMERSEN. — Détermination barométrique de quelques hauteurs dans l'Oural, la steppe kirghise et le bassin caspien; in-8, 5 p. (*Nouvelles Annales des voyages*, nouvelle série, t. IV, p. 206. — 1845.)
425. — MIDDENDORF (de). — Voyage à Oudskoï et aux îles Schantar; 30 pages. (*Bulletin de la Société géographique de Paris*, 3^e série, t. IV, p. 74. — 1845.)
426. — TCHIHATCHEFF (P. de). — Voyage scientifique dans l'Altaï oriental et les parties adjacentes de la frontière de la Chine; petit in-folio, 466 pages, 30 planches. — 1845.
427. — BEAUMONT (Elie de). — Rapport sur un mémoire de M. de Tchi-hatcheff relatif à la constitution géologique de l'Altaï; 26 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 1389. — 1845.)
428. — HELMERSEN (G.). — *Ueber die geognostische Beschaffenheit des Ustürt und insbesondere dessen östlichen Abfalls zum Aral-See*. Sur la structure géologique de l'Ustürt, et en particulier de son versant septentrional, vers le lac Aral; in-4, 47 colonnes avec une planche de 8 figures. (*Bulletin de l'Académie impériale de Saint-Petersbourg*, t. IV, p. 1; et en extrait dans *l'Institut*, 1845, p. 256.)
429. — SMYTH (W.-W.). — *Geological features of the country round the mines of the Taurus in the pashalic of Diarbekr described from observations made in the year 1843*. Esquisse géologique de la contrée qui environne les mines du Taurus, dans le pachalic de Diarbekr, tracée d'après des observations recueillies en l'année 1843; 10 pages avec carte, vues et coupes. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 330. — 1845.)
430. — WOSKOBOINIKOW. — *Beobachtungen ueber die Kohlenformation in Persien*. Observations sur le terrain houiller de la Perse; in-8, 4 pages. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. IV, p. 395. — 1845.)
431. — VICKARY (N.). — *Geological report on a portion of the Beloochistan Hills*. Rapport géologique sur une portion des monts Belouchistan; 7 p. avec coupe. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 260. — 1846.)
432. — FORBES (E.) and SPRATT. — *On the geology of Lyeia*. Sur la géologie de la Lycie; 2 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 9. — 1846.)
433. — SHERWOOD (J.). — *Some observations upon the valley of the Jordan and the dead sea*. Observations sur la vallée du Jourdain et la mer Morte; 17 pages. (*Silliman's american journal*, t. XVIII, p. 1. — 1845.)
- Soc. géol., 2^e série, tome III.

434. — **ANSTED (D.-T.).** — *Notice of the coal of India, being an analysis of a report communicated to the Indian government on this subject.* Notice sur la houille de l'Inde; analyse d'un rapport communiqué au gouvernement de l'Inde à ce sujet. (*Athenæum*, 1846, p. 1025.)

AFRIQUE.

435. — **RUSSEGGER (J.).** — *Reisen in Europa, Asien und Afrika.* Voyages en Europe, en Asie et en Afrique; in-8, t. II, 2^e partie, contenant la géologie du Soudan oriental; et 3^e partie, contenant la géologie du Kordofan, de la Nubie, et des pays le long du Baïher-el-Ahbrak et du Tumat. — 1846.)
436. — **FOURNEL (H.).** — Mémoire sur les gisements de muriate de soude en Algérie, 45 p. (*Annales des mines*, 4^e série, t. IX, p. 541. — 1846.)
437. — **FIGARI (A.)** et **HUSSON (A.)** — Journal d'un voyage géologique à Gebel-Zeyt et dans le désert compris entre le Nil et la mer Rouge, depuis le parallèle du Caire jusqu'à Korousko, en Nubie, exécuté en 1844. (*Bulletin de la Société de géographie*, 3^e série, t. V, p. 32, 1845; et t. VI, p. 3, 238, 248. — 1846.)
438. — **ROCHET D'HÉRICOURT.** — Observations géologiques recueillies en Egypte, sur la mer Rouge, le golfe d'Aden, le pays d'Adel et le royaume de Choa; 5 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 541. — 1846.)
439. — **GAILLARDOT.** — Coup-d'œil sur les calcaires crétacés des environs du Caire; 43 pages et coupes. (*Annales de la Société d'émulation des Vosges*, t. V, p. 703. — 1845.)
440. — **MÉRIAN (P.).** — Géologie de la côte d'Or d'Afrique, d'après une collection d'échantillons minéralogiques apportés de ce pays par un missionnaire russe. (*Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel.*)
441. — **DEVILLE (Ch.).** — Observations sur l'île de Tenériffe; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 465; et *l'Institut*, 1846, p. 456.)
442. — **DEVILLE (Ch.).** — Esquisse topographique de l'île de Fogo; 46 pages in-4. — 1846.
443. — **BEAUMONT (Élie de).** — Rapport sur les observations géologiques auxquelles M. Charles Deville s'est livré durant son voyage aux Antilles, à Tenériffe et aux îles du Cap-Vert; in-4, 48 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 4117. — 1846.)
444. — **HUNT (T.-C.).** — *On the geology of the Island of Saint-Mary's, one of the Azores.* Sur la géologie de l'île de Sainte-Marie, l'une des Açores; 4 page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 39. — 1846.)

AMÉRIQUE.

445. — **LYELL (Ch.).** — *Travels in north America in the years 1841—1842.* Voyages dans l'Amérique du Nord exécutés pendant les années 1841 à 1842, et observations géologiques faites dans les États-Unis, le Canada

et la Nouvelle-Écosse ; 2 vol. in-18 ; 1845. Extrait dans *Silliman's american journal*, t. XLIX, p. 368. — 1845.)

446. — FREMONT (J.-C.). — *Report of the exploring expedition to the Rocky mountains in the year 1842, and to Oregon and north California in the years 1843-44*. Rapport sur l'expédition scientifique aux montagnes Rocheuses entreprise en l'année 1842, et à l'Orégon et à la Californie du nord, en 1843-44. — 1845.)
447. — CONRAD (T.-A.). — *Observations on the cocene formations of United States with descriptions of species of shells occurring in it*. Observations sur les formations éocènes des États-Unis, avec descriptions des espèces de coquilles que l'on y rencontre ; 40 pages, 2 planches. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 395. — 1846.)
448. — OWEN (D.). — *On the geology of the western states of north America*. Sur la géologie des États nord de l'Amérique septentrionale, 44 pages et demie et carte coloriée. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 433. — 1846.)
449. — MATHER (W.). — *On the physical geology of the United States east of the Rocky mountains, and on some of the causes affecting the sedimentary formations of the earth*. Sur la géologie physique des États-Unis, à l'est des montagnes Rocheuses, et sur quelques-unes des causes qui affectent les formations sédimentaires de la terre ; 20 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLIX, p. 1 et 284. — 1845.)
450. — RUGGLES (D.). — *Considerations respecting the copper mines of lake Superior*. Considérations sur les mines de cuivre du lac Supérieur ; 16 pages. (*Silliman's american journal*, XLIV, p. 64. — 1845.)
451. — JACKSON (C.-T.). — *On the copper and silver of Kewenan Point, lake Superior*. Sur le cuivre et l'argent de Kevenan-Point, lac Supérieur ; 2 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLXI, p. 81, et *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 317. — 1845.)
452. — BAYFIELD (Capt.). — *On the junction of the transition und primary rocks of Canada and Labrador*. Sur la jonction des roches de transition et des roches primaires du Canada et du Labrador ; 9 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 450. — 1845.)
453. — LOYAN (W.-E.). — *On the packing of the ice in the river Saint-Lawrence ; the occurrence of landslips in the modern deposits of its valley ; and the existence of marine shells in them and on the mountain of Montreal*. Sur l'accumulation des glaces dans la rivière Saint-Laurent, sur des glissements de terrains que l'on observe dans les dépôts modernes de la vallée du même nom, et sur l'existence de coquilles marines dans ces dépôts et sur la montagne de Montreal ; 41 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 422. — 1846.)
454. — DAWSON (J.). — *On the newer coal formation of the eastern part of Nova Scotia*. Sur la formation houillère plus récente de la partie orientale de la Nouvelle-Écosse ; 8 pages avec carte et coupes. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 322. — 1845.)
455. — BOUVÉ (T.). — *Review of Dr C.-T. Jackson's final report on the geology and mineralogy of the state of New Hampshire*. Revue du dernier rapport de M. C.-T. Jackson sur la géologie et la minéralogie de l'État de New-Hampshire ; 7 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLIX, p. 27. — 1845.)

456. — ROGERS (H. et W.). — *On the geological age of the white mountains*. Sur l'âge géologique des montagnes Blanches, dans l'Amérique septentrionale; 10 pages. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 444. — 1846.)
457. — ADAMS (C.-B.). — *First annual report on the geology of Vermont, United States*. Premier rapport annuel sur la géologie de l'état de Vermont, États-Unis. — 1845.)
458. — OWEN (D.). — *Review of New-York geological reports*. Revue des rapports géologiques sur l'Etat de New-York; 20 pages avec figures nombreuses de fossiles; continué du volume XLVII, p. 354. — 1844. (*Silliman's american journal*, t. XLVIII, p. 296. — 1845.)
459. — HITCHCOCK (E.). — *Final report on the geology of Massachusetts*. Dernier rapport sur la géologie du Massachusetts; in-4, 431 pages, 56 planches. — 1845.)
460. — LOOMIS (L.-N.). — *An account on the geology of Harpeth ridge, Davidson county, Tennessee*. Essai sur la géologie de Harpeth-Ridge, comté de Davidson, Tennessee, aux Etats Unis; 5 pages. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 222. — 1846.)
461. — OWEN (D.). — *Report of a geological exploration of part of Iowa, Wisconsin and Illinois made under instructions from the secretary of treasury of the United States in 1839*. Rapport sur une exploration géologique d'une partie de l'Iowa, du Wisconsin et de l'Illinois, entreprise d'après les instructions du secrétaire du Trésor des États-Unis, en 1839; 492 pages avec vues, coupes et nombreuses figures. — 1845.
462. — LYELL (Ch.). — *Coal field of Tuscaloosa, Alabama*. Bassin houiller de Tuscaloosa (Alabama), aux Etats-Unis; 6 pages avec coupe. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 371. — 1846.)
463. — LYELL (Ch.). — *Notice of the coal-fields of Alabama*. Notice sur les dépôts houillers d'Alabama; 3 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 279. — 1846.)
464. — LYELL (Ch.). — *On the newer deposits of the southern States of north America*. Sur les dépôts modernes des Etats méridionaux de l'Amérique du Nord; 4 pages, 1 coupe. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 405. — 1846.)
465. — LYELL (Ch.). — *On the miocene tertiary strata of Maryland, Virginia and of north and south Carolina*. Sur les couches tertiaires miocènes du Maryland, de la Virginie, et des Carolines du Nord et du Sud; 46 pages avec figures de fossiles. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 443. — 1845.)
466. — LYELL (Ch.). — *Observations on the white limestone and other eocene or older tertiary formations of Virginia, south Carolina, and Georgia*. Observations sur le calcaire blanc et autres formations éocènes ou tertiaires plus anciennes de la Virginie, de la Caroline du Sud et de la Géorgie; 44 pages avec figures de fossiles et coupe. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 429. — 1845.)
467. — NICOLLET. — *Missouri and Mississippi valleys*. Vallées du Missouri et du Mississippi. (Extrait d'un rapport sur la carte du bassin hydrographique du haut Mississippi); 1 page et demie. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 270. — 1846.)
468. — LYELL (Ch.). — *On the delta and alluvial deposits of the Mississippi*

- and other points in the geology of north America observed in the years 1845-1846. Sur le delta et les alluvions du Mississipi, et autres points de la géologie de l'Amérique du Nord. (*Athenæum*, 1846, p. 992.)
469. — SCHOMBURGK (R.). — *On the lake Parima, the El Dorado of sir Walter Raleigh, and the geography of Guiana*. Sur le lac Parima, l'El Dorado de sir Walter Raleigh, et sur la géographie de la Guiane. (*Athenæum*, 1845, p. 723.)
470. — DOMEYKO (J.). — Mémoire sur la constitution géologique du Chili; 133 pages avec une carte, des coupes et des figures. (*Annales des mines*, 4^e série, t. IX, p. 489. — 1846. Et en extrait, *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 1423. — 1845.)
471. — TAYLOR (R.-C.). — *Memoir on the character and prospects of the copper region of Gibara, and a sketch of the geology of the north-east part of the island of Cuba*. Mémoire sur le caractère et l'aspect de la région cuprifère de Gibara, et esquisse de la géologie de la partie nord-est de l'île de Cuba; 45 pages. (*Transactions of the american philosophical Society*, t. IX, part. 2, p. 204.)
472. — LAVALLÉE (F.). — Questions géologiques sur l'origine des Antilles, les végétaux et les habitants de ces îles à l'époque de leur découverte; 41 p. (*Bulletin de la Société de géographie*, 3^e série, t. VI, p. 366. — 1846.)
473. — WISSE (de). — Sur une exploration du cratère de Rucu-Pichincha (république de l'Equateur); 6 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 511, et *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 26. — 1846.)
474. — DARWIN (Ch.). — *On the geology of the Falkland islands*. Sur la géologie des îles Falkland; 7 pages et nombreuses coupes dans le texte. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 267. — 1846.)

OCÉANIE.

475. — WILKES (C.). — *Narration of the United States exploring expedition during the years 1838-1842*. Récit des travaux de l'expédition scientifique des Etats-Unis exécutée pendant les années 1838 à 1842; 5 volumes avec atlas; 1845. Analysé dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LV, p. 293, et t. LVI, p. 277. — 1845.)
476. — DARWIN (Ch.). — *Journal of researches in natural history and geology of the region visited during the voyage of Beagle round the world under the command of capt. Fitz-Roy*. Journal de recherches en histoire naturelle et géologie des contrées visitées pendant le voyage du *Beagle* autour du monde, sous le commandement du capitaine Fitz-Roy; 2^e édition, 519 pages. — 1845.
477. — BUKES (J.-B.). — *Sketch of the geological structure of Australia*. Esquisse de la structure géologique de l'Australie. (*Athenæum*, 1846, p. 1004.)
478. — STRZELECKI (P.-B. de). — *The physical description of New South Wales and Van Dieman's land; accompanied with a geological map, sections and diagrams, and figures of the organic remains*. Description physique de la Nouvelle-Galles du sud et de la terre de Van-Diémèn; in-8 avec carte géologique, coupes, profils et planches des fossiles.

479. — **DIEFFENBACH** (Dr.). — *On the geology of New-Zealand*. Sur la géologie de la Nouvelle-Zélande. (*Athenæum*, 1845, p. 677.)
480. — **CLARKE** (W.-B.). — *On dykes of marble and quartz in connection with plutonic rock on the upper Wollondilly in Argyle county, New south Wales*. Sur des dykes de marbre et quartz en rapport avec les roches plutoniques dans le Wollondilly supérieur, comté d'Argyle, Nouvelle-Galles du Sud; 2 pages et demie. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 243. — 1845; et *Edinburgh new philosophical journal*, p. 201. — 1846.)
481. — **JUKES** (J.-B.). — *Notice of some tertiary rocks in the islands stretching from Java to Timor*. Notice sur quelques roches tertiaires des îles comprises entre Java et Timor. (*Athenæum*, 1846, p. 1004.)
482. — **SCHURIG** (F.-A.). — *Geologische Notizen ueber die Battu-Inseln*. Notice géologique sur les îles Battu; in-8, 3 pages. (*Sachse's allgemeine deutsche Zeitung für Naturwissenschaft*, t. I, p. 17. — 1846.)

IV. PALÉONTOLOGIE.

I. TRAITÉS ET MÉMOIRES GÉNÉRAUX.

483. — **PICTET**. — *Traité élémentaire de paléontologie*, in-8, t. II et III, 1845; t. IV, 458 pages, 20 planches. — 1846.
484. — **GEINITZ** (H.-B.). — *Grundriss der Versteinerungskunde*. Eléments de paléontologie; in-8, 216 pages et 26 planches. — 1845.
485. — **ANONYME**. — *Grundriss der Petrefaktenkunde oder Uebersicht der die Erdschichte charakterisirenden fossilen thierischen Reste, zoologisch geordnet*. Eléments de paléontologie ou Revue des fossiles caractéristiques rangés zoologiquement; 64 pages.
486. — **GIEBEL** (G.). — *Palaeozoologie, Entwurf einer systematischen Darstellung der Fauna der Vorwelt*. Palaeozoologie ou Exposé systématique de la Faune du monde antédiluvien; 160 pages. — 1846.
487. — **MUNSTER** (v.). — *Beytraege zur Petrefaktenkunde*. Matériaux paléontologiques; 7^e livraison, in-4, 50 pages et 9 planches, publiée après la mort de l'auteur par le docteur Duncker. — 1846.
488. — **DUNKER** (W.) und **MEYER** (H. von). — *Palæontographica. Beytraege zur Naturgeschichte der Vorwelt*. Matériaux pour servir à l'histoire naturelle du monde éteint; 1^{er} vol., 1^{re} livraison, avec 6 planches. — 1846.
489. — **OWEN** (R.). — *Descriptive and illustred catalogue of the fossil organic remains of mammalia and aves contained in the museum of the royal college of surgeons of London*. Description et catalogue illustré des débris fossiles de mammifères et oiseaux du musée du collège royal des chirurgiens de Londres; 1 vol. in-4 avec 10 pl. — 1845.
490. — **GOEPPERT** (H.-R.). — *On amber and on the organic remains found in it*. Sur l'ambre et les restes organiques que l'on rencontre dans son intérieur; 1 page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 102. — 1846.)
491. — **DANA** (J.-D.). — *General views on the classification of animals*. Vues générales sur la classification des animaux; 2 pages et demie. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 286. — 1846.)

492. — **FORBES (E.)**. — *Notices of natural history; observations made since last meeting bearing upon geology*. Notice sur des observations d'histoire naturelle relatives à la géologie. (*Athenæum*, 1846, p. 1003.)
493. — **OMALIUS D'HALLOY (J.-J. d')**. — Note sur la succession des êtres vivants; 7 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 490. — 1846.)
494. — **PREVOST (Const.)**. — Article Fossile; 3 pages. (*Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, publié par M. Ch. d'Orbigny, t. V, p. 682. — 1845.)

II. PALÉONTOLOGIE DE TERRAINS.

495. — **ROUAULT (M.)**. — Sur des fossiles recueillis dans les terrains de transition des environs de Rennes. (*L'Institut*, 1846, p. 68.)
496. — **SALTER (J.-W.)**. — *Notice of some important additions to the fossils of the silurian rocks*. Notice sur quelques additions importantes à faire aux fossiles des roches siluriennes. (*Athenæum*, 1845, p. 747.)
497. — **GERMAR (E.-F.)**. — *Die Versteinerungen des Steinkohlen Gebirges van Vettin und Loebejuen im Saalkreise*. Les pétrifications des formations houillères de Vettin et Loebejuen, dans le district de la Saale; in-folio, 2^e livraison, de 72 pages et 5 planches. — 1845.
498. — **DAWSON (J.-W.)**. — *Notices of some fossils found in the coal formation of Nova Scotia*. Notices sur quelques fossiles trouvés dans la formation houillère de la Nouvelle-Ecosse; 4 pages et coupe. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 132. — 1846.)
499. — **FORBES (E.)**. — *Catalogue of lower greensand fossils in the museum of the geological Society of London, with notices of species new to Britain, contained in other collections*. Catalogue des fossiles du grès vert inférieur qui existent dans le musée de la Société géologique de Londres, et notice sur les espèces nouvelles pour l'Angleterre, que contiennent d'autres collections; 24 pages, 5 planches. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 237 et 345. — 1845.)
500. — **DUNKER (W.)**. — *Monographie der norddeutschen Wealdenbildung ein Beitrag zur Geognosie und Naturgeschichte der Vorwelt nebst einer Abhandlung ueber die in dieser Gebirgsbildung bis jetzt gefundenen Reptilien von, Hermann von Meyer*. Monographie de la formation wealdienne en Allemagne, matériaux pour servir à la géognosie et à l'histoire naturelle du monde antédiluvien, avec une dissertation sur les reptiles fossiles de ce terrain, par H. de Meyer; in-4, 83 pages avec 20 planches de fossiles et 1 planche de coupes. — 1846.
501. — **REUSS (A.-E.)**. — *Die Versteinerungen der Bœhmischen Kreideformation*. Les fossiles du terrain crétacé de la Bohême, avec les figures des espèces inconnues ou mal connues; in-4, 148 pages et 51 planches de fossiles. — 1846.
502. — **ARCHIAC (A. d')**. — Description des fossiles recueillis par M. Thorent dans les couches à nummulites des environs de Bayonne; 28 pages in-4. (*Mémoires de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 189. — 1846.)
503. — **MEYER (H. von)**. — *Zur Fauna der Vorwelt. Fossile Säugethiere, Vægel und Reptilien aus dem Molasse Mergel von Oenigen*. Matériaux

pour la faune antédiluvienne. Mammifères, oiseaux et reptiles fossiles trouvés dans la marne molassique d'Oeningen; in-folio avec 12 pl. — 1845.)

504. — PHILIPPI. — *Verzeichniss der in der Gegend von Magdeburg bey Osterweddingen und Westerregeln vorkommenden Tertiaer-Versteinerungen.* Liste des fossiles tertiaires des environs de Magdebourg à Osterweddingen et Westerregeln; in-8, 5 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 447.)
505. — FORBES (E.) and SPRATT. — *On a remarkable phænomenon presented by the fossils in the freshwater tertiary of the Island of Cos.* Sur un phénomène remarquable présenté par les fossiles dans les formations tertiaires d'eau douce de l'île de Cos. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
506. — PICTET (J.-F.). — Mémoire sur des ossements trouvés dans les graviers stratifiés des environs de Mattegnin (canton de Genève). (*Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, vol. XI, 1^{re} partie, p. 85. — 1845.)
507. — DESNOYERS (J.). — Recherches géologiques et historiques sur les cavernes, particulièrement sur les cavernes à ossements de mammifères fossiles; in-8, 83 pag. (*Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, art. Grotte, 64 pages, t. VI, p. 343. — 1845.)

III. PALÉONTOLOGIE GÉOGRAPHIQUE.

508. — OWEN (R.). — *On the geographical distribution of extinct mammalia.* Sur la distribution géographique des mammifères éteints. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVI, p. 197. — 1846.)
509. — BRAVARD (A.). — Considération sur la distribution des mammifères terrestres fossiles dans le département du Puy-de-Dôme; in-8, 40 pag. — 1845.
510. — BRAVARD (A.). — Sur les animaux fossiles de l'Auvergne; 2 pag. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 197. — 1846.)
511. — POMEL (A.). — Quelques nouvelles considérations sur la paléontologie de l'Auvergne; 22 pag. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 198. — 1846.)
512. — GERVAIS (P.). — Observations sur diverses espèces de mammifères fossiles du midi de la France; in-8, 18 pag. (*Annales des sciences naturelles. — Zoologie*, 3^e série, t. IV, p. 248. — 1846.)
513. — GERVAIS et SERRES (Marcel de). — Observations sur les mammifères dont on a trouvé les restes fossiles dans le département de l'Hérault; in-4°, 3 pag. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 295, 16 février 1846. — Et *Annales des sciences naturelles. — Zoologie*, 3^e série, t. IV, p. 266. — 1846.)
514. — SERRES (Marcel de). — Sur les fossiles du bassin d'Aix. (*Annales des sciences naturelles. — Zoologie*, 3^e série, t. IV, p. 249. — 1845.)
515. — COQUAND (H.). — Sur quelques fossiles remarquables des plâtrières d'Aix; 3 pages. (*Bulletin de la Société géologique*, 2^e série, t. II, p. 383. — 1845.)
516. — PREVOST (Const.). — Rapport adressé à M. le ministre de l'In-

- struction publique sur les gisements d'animaux fossiles découverts dans le bassin de la Garonne; in-4, 7 pag. — Paris, 1845. — (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XX, p. 1829. — 1845.)
517. — ZIGNO (Ach. de). — *Sopra due fossili invenuti nella calcarea dei monti padovani*. Mémoire sur deux fossiles découverts dans le calcaire des monts Padouans; in-4, 8 pag., 1 pl. — 1845.
518. — TOSCHI. — Ossements fossiles découverts dans les environs d'Imola en Romagne; 2 pag. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 440. — 1846.)
519. — KONINCK (de). Description des animaux fossiles de la Belgique; in-4, 13^e et 14^e (dernière) livraison, 472 pag. et 9 pl. — 1845.
520. — PHILIPPS (Prof.). — *Figures and description of the palæozoic fossils of Cornwall, Devon and West Somerset*. Figures et descriptions des fossiles palæozoïques du Cornouailles, du Devon et du Somerset occidental.
521. — MEYER (L. von). — *Der Wirbelthier Gehalt der diluvial Spalt und Hoehlen Ausfüllungen im untern Lahntal*. Les vertébrés trouvés dans les fentes et les cavernes du diluvium de la vallée de Lahn; in-8, 30 p. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 513.)
522. — NOEGGERATH (J.). — *Ueber einige Knochen führende Hoehlen in dem grossen rheinisch-westphälischem Kalkzuge*. De quelques cavernes à ossements dans la grande formation calcaire rhéno-westphalienne; in-8, 24 p., avec une planche de plans et de coupes. (*Kursten und Dechen's, Archiv für Mineralogie*, t. XX, p. 328. — 1846.)
523. — SANDBERGER (F.). *Kurze Bemerkungen zu der Schrift von F. A. Ræmer : «die Versteinerungen des Harz-Gebirges.»* Quelques remarques sur l'ouvrage de F.-A. Ræmer, intitulé : les Pétrifications du Harz; in-8, 15 pag. (*Leonard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 427.)
524. — EICHWALD. — *Die Urwelt Russlands durch Abbildungen erlaeutert*. La paléontologie de la Russie illustrée par des figures; in-4, 3^e cahier, 136 pages et 2 planches. — 1846.
525. — ORBIGNY (A. d'). — Paléontologie des terrains secondaires et tertiaires de la Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural, de MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling; 79 pages et 16 planches in-4. — 1845.
526. — ORBIGNY (A. d'). — Paléontologie du voyage de M. Hommaire de Hell dans les steppes de la mer Caspienne, le Caucase, la Crimée et la Russie méridionale; in-4, 78 pages in-8 et 6 planches in-fol. — 1845.
527. — FALCONER (H.). — *On some new additions among the mammalia to the fossil fauna of India, from Perim island, in the gulf of Cambay*. Sur quelques nouvelles additions à faire aux mammifères de la faune fossile de l'Inde, d'après des échantillons provenant de l'île de Perim, dans le golfe de Cambay. (*Athenæum*, 1845, p. 724)
528. — FALCONER (H.) and CAUTLEY (P.). — *Fauna antiqua sivalensis being the fossil Zoology of the sewalik hills in the north of India*. Zoologie fossile des collines sévalliennes, dans le nord de l'Inde; 1^{re} partie, Proboscidiens; in 8, 64 p., avec un atlas in-fol. de 12 pl. — 1846.
529. — CARPENTER (W.). — *Remarks on some fossil bones recently brought to New Orleans from Tennessee and from Texas*. Remarques sur quelques

- ossements fossiles récemment apportés à la Nouvelle-Orléans du Tennessee et du Texas; 6 pages avec figures. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 244. — 1846.)
530. — OWEN (R.). — *Notices of some fossil mammalia of south America which had come under his observations since the publication of his descriptions of the fossil mammalia collected by M. Darwin*. Notices sur quelques mammifères fossiles de l'Amérique du Sud, dont il a eu connaissance depuis la publication de ses descriptions des mammifères fossiles recueillis par M. Darwin. (*Athenæum*, 1846, p. 1026.)
531. — LUND. — *Blik paa Brasiliens Dyreverden for sidste Jordomvæltning*, 5^{te} afhandling. Coup d'œil sur la zoologie du Brésil avant la dernière révolution de la terre; 5^e mémoire, contenant le genre *Canis*; in-4, 82 pages, avec 6 planches. (*Det kongelige Danske videnskabernes selskabs, naturvidenskabelige og mathematiske Afhandlinger*. t. XI, p. 1. — 1845.)
532. — ORBIGNY (A. d'). — Paléontologie du voyage de l'Astrolabe; 6 planches grand in-fol., contenant des coquilles fossiles des terrains crétacés de Pondichéry et du Chili, ainsi que quelques coquilles fossiles des terrains paléozoïques. — 1846.
533. — OWEN (R.). — *An address on the extinct mammals of Australia*. Rapports sur les espèces détruites de mammifères de l'Australie et sur la distribution géographique, en général, des mammifères de la période pliocène et post-pliocène; in-8. — 1845.
534. — OWEN (R.). — *Second report on the extinct mammals of Australia, with additional observations on the genus Dinornis of New-Zealand*. Second rapport sur les mammifères éteints de l'Australie, avec des observations additionnelles sur le genre *Dinornis* de la Nouvelle-Zélande. (*Athenæum*, 1845, p. 746.)

IV. ANIMAUX FOSSILES.

1^o Vertébrés.

535. — BLAINVILLE (D. de). — Ostéographie, ou description iconographique comparée du squelette et du système dentaire des cinq classes d'animaux vertébrés récents et fossiles, pour servir de base à la zoologie et à la géologie; in-4, 527 pages, comprenant la description des genres *Hyrax*, *Tapirus*, *Rhinoceros*, *Palæotherium*, *Lophiodon*, *Anthrocotherium* et *Chæropotame*, avec 39 planches in-folio dessinées par Werner. — 1845 et 1846.
536. — OWEN (R.). — *Odontography, or a treatise of the comparative anatomy of the teeth their physiological relations, mode of development and microscopic structure in the vertebrate animals*. Odontographie, ou Traité sur l'anatomie comparée des dents, leurs rapports physiologiques, leur mode de développement et leur structure microscopique dans les animaux vertébrés; 2 vol. in-8. — 1840 à 1845.
537. — OWEN (R.). — Sur la classification et les analogies des dents molaires des carnivores. (*Annales des sciences naturelles*. Zoologie, 3^e série, t. III, p. 116. — 1845.)
538. — GIBBES (R.-W.). — *Description of the teeth of a new fossil animal found in the green sand of south Carolina*. Description de la dent d'un

nouvel animal fossile trouvé dans le grès vert de la Caroline du Sud. (*Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia*; t. II, p. 254. — 1845.)

539. — MIDDLETON (J.). — *On fluorine in recent and fossil bones and the sources from whence it is derived*. Sur le fluor dans les os récents et fossiles, et les sources d'où il dérive; 2 pages et demie. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XXXVIII, p. 116. — 1845.)
540. — OWEN (R.). — Notice sur la découverte faite en Angleterre des restes fossiles d'un quadrumane du genre macaque, dans une formation d'eau douce appartenant au genre pliocène; in-4, 2 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 573. — 1845.)
541. — FALCONER (H.). — *Description of some fossil remains of Dinotherium, Girafe, and other mammalia, from the gulf of Cambay, western coast of India, chiefly from the collection presented by capt. Fulljames, of the Bombay engineers, to the museum of the geological Society of London*. Description de quelques débris fossiles de Dinotherium, Girafe et autres mammifères du golfe de Cambay, côte occidentale de l'Inde, principalement d'après des échantillons de la collection présentée par le capt. Fulljames des ingénieurs de Bombay au musée de la Société géologique de Londres; 15 pages et carte de la localité. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 356. — 1845.)
542. — EICHWALD (E.). — *Ueber den Riesenhirsch*. Sur le cerf gigantesque (*Cervus euryceros* Aldr., *C. megaceros* Hart., *C. giganteus* Gold.); in-8, 17 pages. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. V, p. 158. — 1846.)
543. — BETTINGTON (A.). — *On certain fossils procured on the island of Perim, in the gulf of Cambay, more particularly on a gigantic ruminant, having some affinities to the Sivatherium and the Girafe*. Sur certains fossiles recueillis dans l'île de Perim, dans le golfe de Cambay, et plus particulièrement sur un ruminant gigantesque ayant quelques affinités avec le Sivathérium et la Girafe; 2 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVI, p. 137. — 1845.)
544. — MURCHISON (R.-I.). — *Habitation and destruction of the mammoths*. Habitation et destruction des Mammouths; 17 pages. (Extrait de l'ouvrage : *Russia and the Ural mountains*. — *Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 344. — 1846.)
545. — WARREN (J.-C.). — *On the osteology and dentition of some north american mastodons*. Sur l'ostéologie et la dentition de quelques mastodontes du nord de l'Amérique; in-8, 5 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVII, p. 145. — 1846.)
546. — MAXWELL (J.-B.). — *Remarkable discovery of mastodon bones in New Jersey*. Découverte remarquable d'os de Mastodonte dans le New-Jersey; 3 pages. (*Philosophical magazine*, t. XXVI, p. 453. — 1845.)
547. — CHARLTON (W.-J.). — *Notice of the discovery of the tusk of an elephant in the gravel near Rochester*. Notice sur la découverte d'une dent d'éléphant dans le gravier, près de Rochester. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 32. — 1846.)
548. — OWEN (R.). — *Description of an upper molar tooth of Dichobune cervinum from the eocene marl at Binstead, isle of Wight*. Description d'une

- molaira supérieure du *Dichobune cervinum* de la marne éocène de Binstead, île de Wight; 1 page et figures. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 420. — 1846.)
549. — OWEN (R.). — *Account of various portions of the Glyptodon, an extinct quadruped allied to the Armadillo, recently obtained from the tertiary deposits in the neighbourhood of Buenos Ayres.* Description de diverses portions du Glyptodon, quadrupède éteint voisin des Tatons, récemment découvert dans les dépôts tertiaires du voisinage de Buenos Ayres; 6 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 257. — 1845.)
550. — ROSE (C.-B.). — *On the occurrence of a fossil petro-tympanic bone of a whale from the crag near Ipswich.* Sur la découverte d'un os pétro-tympanique fossile de baleine dans le crag, près d'Ipswich; 1 page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 32. — 1846.)
551. — MANTELL (G.-A.). — *On the fossil remains of birds in the wealden strata of the south-east of England.* Sur les débris fossiles d'oiseaux dans les couches wealdiennes du sud-est de l'Angleterre; 2 pages et figures. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 404. — 1846.)
552. — OWEN (R.). — *On the supposed fossil bones of birds from the wealden.* Sur les os présumés fossiles d'oiseaux du wealdien; 5 pages et figures. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 96. — 1846.)
553. — BONOMI (J.). — *On a gigantic bird sculptured on the tomb of an officer of the household of Pharaoh.* Sur un oiseau gigantesque sculpté sur le tombeau d'un officier de la maison du roi Pharaon. (*Athenæum*, 1845, p. 643.)
554. — OWEN (R.). — *On Dinornis an extinct genus of tridactyle strutious birds, with descriptions of portions of the skeletons of six species which formerly existed in New-Zealand.* Sur le Dinornis, genre éteint d'oiseaux géants tridactyles, avec descriptions de portions de squelettes de six espèces qui ont primitivement existé dans la Nouvelle-Zélande, avec des observations par Silliman; 7 pages. (*Silliman's american journal*, t. XL, p. 194. — 1845.)
555. — STRICKLAND. — *Preuves de l'existence ancienne d'oiseaux du genre Antruche, distincts du Dodo, dans les îles voisines de l'île Maurice.* (*L'Institut*, 1845, p. 73.)
556. — TREVELYAN (W.-C.). — *On the discovery of guano in the Faroe islands.* Sur la découverte du guano dans les îles Feroe. — (*Athenæum*, 1845, p. 700.)
557. — WARINGTON. — *On a curious change in the composition of bones taken from the guano.* Sur un changement curieux dans la composition d'os provenant du guano; 3 pages. (*Philosophical magazine*, t. XXVI, p. 195. — 1845.)
558. — MEYER (H. von). — *System der fossilen Saurier.* Système des Sauriens fossiles; in 8, 7 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 278.)
559. — DESLONGCHAMPS (E.). — *Sur les Crocodiles fossiles du genre Teleosaurus.* (*L'Institut*, 1845, p. 323.)
560. — DESLONGCHAMPS (E.). — *Sur un Crocodile fossile trouvé à San-nerville.* (*L'Institut*, 1845, p. 53.)

561. — **MORTON (S.-G.)** — *Description of the head a fossil Crocodile from the cretaceous strata of New Jersey.* Description de la tête d'un Crocodile fossile des couches crétacées de New-Jersey; 3 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLVIII, p. 265. — 1845.)
562. — **WANGENHEIM VON QUALEN.** — *Ueber eine im Kupfersandsteine der westuralischen Formation entdeckten Saurier Kopf zusammen in einem Stuecke mit dem Wedel einer kryptogamischen fossilen Pflanze.* Sur une tête de Saurien trouvée dans le grès cuivreux du système permien, et fixée à la fronde d'une plante fossile cryptogame; in-8, 28 pages. (*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*, 1845, p. 389.)
563. — **FISCHER VON WALDHEIM.** — *Beytrag zur naeheren Bestimmung des von Herren Wangenheim abgebildeten und beschriebenen Saurier Schaedel.* Détermination plus précise du crâne de Saurien décrit et figuré par M. Wangenheim; in-8, 4 pages. (*Bulletin de la Société des naturalistes de Moscou*, 1846, p. 540.)
564. — **BAIN (A.-G.)** — *On the discovery of fossil remains of bidental and other reptiles in south Africa.* Sur la découverte de débris fossiles de reptiles bidentés dans l'Afrique méridionale; 6 pages in-4 et une carte. (*Transactions of the geological Society of London*, t. VII, p. 53. — 1845; *Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXIX, p. 333, 1845; et *Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 317. — 1846.)
565. — **OWEN (R.)** — *Description of certain fossil crania discovered by A. G. Bain, esq., in sandstone rocks at the south-eastern extremity of Africa, referable to different species of an extinct genus of reptilia (Dicynodon), and indicative of a new tribe or sub-order of sauria.* Description de quelques crânes fossiles trouvés par M. Bain dans une couche de grès à l'extrémité sud-est de l'Afrique, constituant un genre éteint de reptiles (le Dicynodon), et indiquant une nouvelle tribu ou sous-ordre de Sauriens; 13 pages, 4 planches. (*Transactions of the geological Society of London*, t. VII, p. 59. — 1845. *Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 318, 1845; et *Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXIX, p. 339. — 1845. Extrait dans les *Annales des sciences naturelles, zoologie*, t. V, 3^e série. — 1846.)
566. — **KOCH (A.)** — *Hydrarchus, a gigantic fossil reptile of Alabama.* L'Hydrarchus, reptile fossile gigantesque d'Alabama. — 1845.
567. — **CHANNING (J.)** — *Notice what appears to be the embryo of an Ichthyosaurus in the pelvic cavity of Ichthyosaurus communis.* Notice sur les traces d'un embryon d'Ichthyosaure dans le bassin de l'*Ichthyosaurus communis*; in-8, 2 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVII, p. 44. — 1846.)
568. — **CARTER.** — *Notice of the Jaws of an Ichthyosaurus from the chalk in the neighbourhood of Cambridge.* Notice sur les mâchoires d'un Ichthyosaure de la craie du voisinage de Cambridge. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
569. — **STUTCHBURY (S.)** — *Description of a new species of Plesiosaurus in the museum of the Bristol Institution.* Description d'une nouvelle espèce de Plésiosaure du musée de l'Institution de Bristol; 6 p. avec une pl. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 441. — 1846.)
570. — **BRONN (H.-G.)** — *Sur les Mystriosaurus et Teleosaurus.* (*L'Institut*, 1845, p. 228.)

571. — BRONN (H.-G.). — Sur deux nouveaux squelettes fossiles de *Mystriosaurus* provenant du lias du Wurtemberg. (*L'Institut*, 1845, p. 196.)
572. — CHARLESWORTH (E.). — *On the occurrence of the Mosasaurus in the Essex chalk and the discovery of flint within the pulp cavities of its teeth.* Sur la découverte du *Mosasaurus* dans la craie d'Essex, et de silex dans les cavités pulpaire de ses dents. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
573. — GOLDFUSS (A.). — *Der Schaedel des Mosasaurus durch Beschreibung einer neuen Art erläutert.* Le crâne du *Mosasaurus* expliqué par la description d'une nouvelle espèce; in-4; 28 pages et trois planches. (*Nova acta Academiae naturæ curiosorum*, t. XXI, 1^{re} partie, p. 173. — 1845.)
574. — FISCHER von WALDHEIM. — Notice sur le *Spondylosaurus*, genre de saurien fossile de l'oolite de Moscou; in-8, 44 pages, 2 planches. (*Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*, 1845, p. 443.)
575. — FISCHER von WALDHEIM. — *Ueber Rhopalodon Murchisoni und Spondylosaurus Frearsii.* Sur le *Rhopalodon* de Murchison et le *Spondylosaurus* de Frears; in-8, 7 pages, avec une planche. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, t. V, p. 326. — 1846.)
576. — FITZINGER (L.). — *Bemerkungen ueber Prangners Enneodon Ungerii aus der tertiær Formation von Steiermark.* Observation sur l'*Enneodon Ungerii*, Prangner, du terrain tertiaire de la Styrie; in-8, 4 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognogie*, 1846, p. 188.)
577. — BOWERBANK (J.-S.). — *On a new species of pterodactyl formed, in the upper chalk of Kent.* Sur une nouvelle espèce de ptérodactyle trouvée dans la craie supérieure de Kent; 2 pages, avec planche. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 7. — 1846.)
578. — FALCONER and CAUTLEY. — Caractères ostéologiques et histoire paléontologique du *Colossochelys atlas*, tortue fossile gigantesque des monts Sevalik (Indes orientales). (*L'Institut*, 1845, p. 71.)
579. — FALCONER and CAUTLEY. — *On the gigantic fossil tortoise, Conclusion.* Sur la tortue fossile gigantesque, fin; 4 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XV, p. 55. — 1845.)
580. — BUCKLAND (W.). — *On the mechanical action of animals on hard and soft substances during the progress of stratification.* Sur l'action mécanique de certains animaux sur les substances dures ou molles, pendant l'acte de la stratification. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
581. — KING (A.). — *Description of fossil foot-prints.* Description d'empreintes fossiles. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVII, p. 451.)
582. — HITCHCOCK and OWEN. — *Extract of a letter from professor Hitchcock embracing miscellaneous remarks upon foot marks, and a letter from professor Owen on the great bird's of New Holland.* Extrait d'une lettre du professeur Hitchcock, contenant diverses remarques relatives aux empreintes fossiles de pas d'animaux, et d'une lettre du professeur Owen sur les grands nids d'oiseaux de la Nouvelle-Hollande; 5 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLVII, p. 61. — 1845.)
583. — DEANE (J.). — *Fossil foot-marks and rain-drops.* Empreintes fossiles de pas d'animaux et de gouttes de pluie; 3 pages, avec planche. (*Silliman's american journal*, t. XLIX, p. 213. — 1845.)
584. — CUNNINGHAM (J.). — *On some footmarks and other impressions*

- observed in the new red sandstone quarries of Storton, near Liverpool.* Sur quelques traces fossiles de pas d'animaux et autres empreintes qui existent dans le nouveau grès rouge des carrières de Storton, près de Liverpool; une demi-page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 440. — 1846.)
585. — BLACK (J.). — *Observations on a slab of new red sandstone from the quarries at Weston, near Runcorn, Cheshire, containing the impressions of footsteps and other markings.* Observations sur une plaque de nouveau grès rouge des carrières de Weston près de Runcorn, Cheshire, contenant des empreintes de pas d'animaux et autres traces fossiles; 2 pages et demie et une planche. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 65. — 1846.)
586. — KING (A.). — *Description of fossil footmarks found in carboniferous series in Westmoreland county, Pennsylvania.* Description d'empreintes fossiles de pas d'animaux, trouvées dans les couches carbonifères du comté de Westmoreland, Pensylvanie; 9 pages, avec figures. (*Silliman's american journal*, t. XLVIII, p. 343. — 1845.)
587. — LYELL (Ch.). — *On foot-marks discovered in the coal-measures of Pennsylvania.* Sur des traces fossiles de pas d'animaux, découvertes dans les couches du terrain houiller de Pennsylvanie, 2 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, p. 447. — 1846.)
588. — DEANE (J.). — *Description of fossil foot-prints in the new red sandstone of Connecticut valley.* Description d'empreintes fossiles de pas d'animaux dans le nouveau grès rouge de la vallée de Connecticut; 4 page et 1 planche. (*Silliman's american journal*, t. XLVIII, p. 458. — 1845.)
589. — STRICKLAND (H.-E.). — *Notice and drawings of the foot-prints of various animals on the new red sandstone of Corncockle Muir.* Notice sur les empreintes de pas fossiles de divers animaux sur le nouveau grès rouge de Corncockle-Muir, et représentations de ces empreintes. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
590. — MANTELL (G.-A.). — *Description of foot-marks and other imprints on a slab of new red sandstone from Turner's falls, Massachusetts, collected by Dr James Deane of Greenfield.* Description d'empreintes fossiles de pas d'animaux et autres empreintes sur une dalle du nouveau grès rouge de Turner's Falls, Massachusetts, recueillies par le Dr James Deane de Greenfield; 1 page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 38. — 1846.)
591. — HOPKINS. — *Extract of a letter respecting traces resembling ornithichnites.* Extrait d'une lettre relative à des traces ressemblant à des ornithichnites. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
592. — TAGART (Ed.). — *On markings in the Hastings sand beds near Hastings, supposed to be the foot-prints of birds.* Sur des empreintes dans les couches des sables de Hastings, près de Hastings, présumées être des empreintes de pas d'oiseaux; un quart de page. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 267. — 1846.)
593. — GIRARD (H.). — *Ueber die Fahrten vorweltlicher Thiere im Sandstein, insbesondere von Chirotherium.* Sur des traces d'animaux antédiluviens, et particulièrement du *Chirotherium*, dans le grès; in-8,

- 22 pages, avec une gravure sur bois. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 4.)
594. — DEANE (J.). — *Notice of a new species of batrachian footmarks*. Notice sur une nouvelle espèce d'empreintes de pas de batraciens. (*Silliman's american Journal*, t. XLIX, p. 79. — 1845.)
595. — HENSLOW. — *On nodules, apparently coprolitic, from the red crag, London clay and greensand*. Sur des nodules d'apparence coprolitique, du crag rouge, du London-clay et du greensand. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)
596. — DANA (L.). — *Analysis of coprolites from the new red sandstone formation of New England, with remarks*, by prof. Hitchcock. Analyse de coprolites du nouveau grès rouge de la Nouvelle-Angleterre, avec des remarques du prof. Hitchcock; 15 pages. (*Silliman's american Journal*, t. XLVIII, p. 461. — 1845.)
597. — MUELLER (J.). — *Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoïden und über das natürliche System des Fische*. Sur la structure et les limites de la famille des Ganoïdes, et sur la classification naturelle des poissons; 50 pages. (*Erichson's Archiv für Naturgeschichte*, t. XXI, p. 91; et *Annales des sciences naturelles, Zoologie*, t. IV, 3^e série, p. 5. — 1845.)
598. — VOGT (Ch.). — Quelques observations sur les caractères qui servent à la classification des poissons ganoïdes. (*Annales des sciences naturelles, Zoologie*, t. IV, 3^e série, p. 53. — 1845.)
599. — CHARLESWORTH (E.). — *On the fossil bodies regarded by M. Agassiz as the teeth of a fish, and upon which he has founded his supposed genus *Sphenonchus**. Sur les corps fossiles regardés par M. Agassiz comme les dents d'un poisson, et sur lesquels il a fondé son prétendu genre *Sphenonchus*. (*Athenæum*, p. 747. — 1845.)
600. — AGASSIZ (L.). — Monographie des poissons fossiles du vieux grès rouge ou système devonien (*old red sandstone*); in-4, 170 pages, avec 33 planches in-folio. — 1844 à 1845.
601. — EICHWALD (E.). — *Ueber fossile Fische des devonischen Systems in der Umgegend von Powlowsk bey Saint-Petersburg*. Sur des poissons fossiles du système devonien des environs de Powlowsk, près Saint-Petersbourg; in-8, 14 pages. (*Erman's Archiv für wissenschaftliche Kunde von Russland*, p. 461. — 1845. — *Karsten's und Dechen's Archiv für Mineralogie*, t. XIX, p. 667. — 1845.)
602. — AGASSIZ (L.). — Observations sur les poissons des terrains paléozoïques. (*L'Institut*, 1846, p. 163.)
603. — GIBBES (R.-W.). — *On the fossil Squalidæ of the United States*. Sur les Squales fossiles des États-Unis; 3 pages. (*Proceed. of the Acad. of nat. scienc. of Philadelphia*, vol. III, p. 41. — 1846.)
604. — AGASSIZ (L.). — Mémoire sur les poissons fossiles de l'argile de Londres. (*Annales des sciences naturelles, Zoologie*, t. III, p. 21, 1845. — *Athenæum*, 1846, p. 1025. — *Edinburgh new philosophical Journal*, t. XL, p. 121. — 1846.)
605. — PEDRONI (fils). — Mémoire sur les poissons fossiles du département de la Gironde; in-8, 25 pages, 2 planches. (*Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XIII, p. 277. — 1845.)

606. — **SISMONDA** (E.). — *Descrizione dei pesci e dei crostacei fossili nel Piemonte*. Description des poissons et des crustacés fossiles du Piémont; in-4, 88 pages et figures. — 1846.
607. — **FLEMING** (A.). — *On the constitution of ichthyolithes of Stromnes*. Sur la composition des ichthyolites de Stromnes; 6 pages. (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXVIII, p. 280. — 1845.)
608. — **NORWOOD** (J.-G.) et **OWEN** (D.). — *Description of a new fossil fish from the palæozoic rocks of Indiana*. Description d'un poisson fossile nouveau des roches palæozoïques d'Indiana; 4 pages avec figures. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 367. — 1846.)

2^o Mollusques.

609. — **ORBIGNY** (A. d'). — *Paléontologie universelle des coquilles et des mollusques*, avec un atlas représentant toutes les espèces de coquilles fossiles connues; 2 livraisons contenant 160 pages et 40 planches in-8. — 1845.
610. — **ORBIGNY** (A. d'). — *Mollusques vivants et fossiles, ou Description de toutes les espèces de coquilles et de mollusques, classées suivant leur distribution géologique et géographique, avec un atlas représentant les types des animaux et des coquilles de tous les genres, ainsi que les espèces les plus caractéristiques des différents terrains; livraisons 1 à 6, de 480 pages, contenant les monographies complètes de 28 genres de céphalopodes et 30 planches coloriées.* — 1845.
611. — **CHENU** (J. C.). — *Illustrations conchyliologiques, ou Description et figures de toutes les coquilles connues, vivantes et fossiles, suivant le système de Lamarck; in-folio avec planches; non terminé.* — 1845 et 1846.
612. — **CHENU** (J.-C.). — *Bibliothèque conchyliologique; in-8. Cinq volumes ont déjà paru; ils contiennent les Traités de T. Martyn, Donovan, Montague, Leach, Conrad, Say, Rafinesque, avec leurs figures et la partie conchyliologique des Transactions de la Société linnéenne de Londres, de 1791 à 1835.* — 1845 et 1846.
613. — **ORBIGNY** (A. d'). — *Paléontologie française. — Description zoologique et géologique de tous les animaux mollusques et rayonnés fossiles de France. Terrains crétacés, livraisons 93 à 118, contenant 300 pages et 106 planches sur les mollusques acéphales. Terrains jurassiques, livraisons 29 à 41, contenant 119 pages et 52 planches.*
614. — **ORBIGNY** (A. d'). — *Paléontologie des coquilles et des mollusques étrangers à la France, contenant un atlas représentant toutes les espèces de coquilles fossiles connues étrangères à la France et le texte complet de la paléontologie universelle; 1^{re} livraison, contenant 80 pages et 20 planches.* — 1846. (Ouvrage destiné à compléter la paléontologie française, avec laquelle il forme la paléontologie universelle, sans qu'il y ait double emploi de planches.)
615. — **AGASSIZ** (L.). — *Études critiques sur les mollusques fossiles; in-4, 4^e livraison, contenant les Myes du Jura et de la craie suisse, 21 planches. Mémoire terminant la monographie des Myes.* — 1846.
616. — **ORBIGNY** (A. d'). — *Recherches sur les lois qui président à la distribution géographique des mollusques côtiers.* (*Annales des sciences naturelles, Zoologie*, 3^e série, t. III, p. 193. — 1845.)
- Soc. géol., 2^e série, tome III.*

617. — **FORBES (E.)**. — Observation sur la distribution topographique des mollusques marins; 44 pages. (*Annales des sciences naturelles*, Zoologie, 3^e série, t. IV, p. 447. — 1845.)
618. — **PHILIPPI (D.-A.)**. — *Remarks on the molluscos animals of south Italy in reference to the geographical extension of the mollusca, and to the mollusca of the tertiary period*. Remarques sur les animaux mollusques de l'Italie méridionale, sous le rapport de leur extension géographique et comparativement aux mollusques de la période tertiaire; 45 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 95, 1845, et 46 pages dans le t. II, p. 63. — 1846.)
619. — **PHILIPPI (D.-A.)**. — *Comparative remarks on the recent and fossil mollusca of the south of Italy, and more particularly of Sicily*. Remarques comparatives sur les mollusques vivants et fossiles du sud de l'Italie, et plus particulièrement de la Sicile; 44 pages et demie. (*Edinburgh new philosophical Journal*, t. XLVIII, p. 202. — 1845.)
620. — **HOOKE (J.-D.)**. — *Note on some marine animals, brought up by deep-sea dredging, during the antarctic voyage of captain sir James Ross*. Note sur quelques animaux marins tirés par draguages profonds de la mer, pendant le voyage antarctique du capitaine James Ross; 2 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVI, p. 238. — 1845.)
621. — **LANDSBOROUGH (D.)**. — *Account on dredging excursion*. Récit d'une excursion de draguage; 4 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XV, p. 251. — 1845.)
622. — **SERRES (Marcel de)** et **L. FIGUIER**. — Observations sur la pétrification des coquilles dans la Méditerranée; in-4, 3 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, tome XXII, p. 4050. — 22 juin 1846.)
623. — **AGASSIZ (L.)**. — Iconographie des coquilles tertiaires réputées identiques avec les espèces vivantes, ou dans différents terrains de l'époque tertiaire, accompagnée de la description des espèces nouvelles; in-4, 64 pages et 5 planches. (*Nouveaux mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, t. VII. — 1845.)
624. — **TROSCHEL (F.-H.)**. — *Bericht über die Leistungen in der Naturgeschichte der Mollusken des Jahres 1844*. Rapport sur les progrès de l'histoire naturelle des mollusques, pendant l'année 1844, 32 pages. (*Erichson's Archiv für Naturgeschichte*, 41 année, t. I, p. 296. — 1845.)
625. — **PICTET (F.-J.)**. — Observations sur les méthodes paléontologiques, au sujet d'un mémoire de M. Agassiz, intitulé : Iconographie des coquilles tertiaires; in-8, 9 pages. (*Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève*, t. I, p. 61. — 1846.)
626. — **SERRES (Marcel de)**. — Note sur cette question : Y a-t-il identité entre les espèces des terrains secondaires et tertiaires et celles qui appartiennent aux générations actuelles; 42 pages. (*Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève*, t. II, p. 241. — 1846.)
627. — **SOWERBY (J.)**. — Conchyliologie minéralogique de la Grande-Bretagne, traduite de l'anglais par E. Desor, revue, augmentée et corrigée par L. Agassiz; in-8, 13^e à 20^e et dernière livraison, ouvrage de 500 pages et autant de figures. — 1845.

628. — **ARCHIAC** (A. d'). — Rapport sur les fossiles du poudingue nervien (tourtia), légués à la Société géologique par M. Lèveillé; 6 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 332. — 1846.)
629. — **CAILLAUD**. — Lettre à M. Michelin sur des lithophages découverts aux carrières de Lessines, Belgique. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 25. — 1845.)
630. — **CANAT** (J.) — Discussion d'un fait exposé par M. Virlet, la découverte de fossiles marins de l'époque actuelle dans un terrain près de Tournus, considéré jusqu'à présent comme appartenant à une formation d'eau douce; in-4, 2 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 75, et *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 271. — 1846.)
631. — **NOULET**. — Mémoire sur quelques coquilles fossiles nouvelles découvertes dans la région aquitanique du bassin sous-pyrénéen; in-8, 45 pages, avec 5 planches représentant une *Melania* et huit *Unio* nouveaux. (*Mémoires de l'Académie de Toulouse*, 3^e série, t. II, p. 225. — 1846.)
632. — **GRATELOUP**. — Conchyliologie fossile des terrains tertiaires du bassin de l'Adour (environs de Dax); atlas grand in-4, t. I, univalves, 45 planches avec texte explicatif. — 1840 à 1846.
633. — **BUCH** (L. v.). — *Ueber einige merkwürdige Muschelreste des oberén Italiens*. Sur quelques coquilles fossiles remarquables de la haute Italie, savoir : *Trigonia Whatleyæ* et *Encrinus gracilis*; in-8, 4 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, février 1845, et en extrait dans *L'Institut*, p. 243. — 1845.)
634. — **STRICKLAND** (H.-E.). — *On two species of microscopic shells found in the lias*. Sur deux espèces de coquilles microscopiques trouvées dans le lias; 4 page et figures. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 30. — 1846.)
635. — **LEA** (C.). — *Description of some new fossil shells from the tertiary of Petersburg, Virginia*. Description de quelques nouvelles coquilles fossiles du terrain tertiaire de Pétersbourg, États-Unis; 46 pages, 4 planches. (*Transactions of the american philosophical Society*, t. IX, part. 2, p. 229.)
636. — **HALL** (J.). — *Description of some microscopic shells from the decomposing marl of Cincinnati*. Description de quelques coquilles microscopiques des marnes en décomposition de Cincinnati; 3 pages. (*Silliman's american journal*, t. XLVIII, p. 292. — 1845.)
637. — **ORBIGNY** (A. d'). — Recherches sur les Ammonites; in-4. — 1846.
638. — **NAUMANN** (C.-F.). — *Ueber die wahre Spiral der Ammoniten*. Sur la vraie spirale des Ammonites; in-8, 5 pages. (*Poggendorff's Annalen der Physik*, 3^e série, t. IV, p. 538. — 1845.)
639. — **OWEN** (R.). — *A description of certain Belemnites, preserved, with a great proportion of their soft parts, in the Oxford Clay, at Christian Malford, Wilts*. Description de quelques Bélemnites conservées avec une grande portion de leurs parties molles, dans l'Oxford-Clay, à Christian-Malford, Wilts; 6 pages. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 119. — 1845.)
640. — **MORRIS** (J.). — *Description of some new species of the genus ancylo-*

- ceras*. Description de quelques nouvelles espèces du genre *Ancyloceras*; 3 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XV, p. 39. — 1845.)
641. — DEFRANCE. — Notice sur une coquille d'Orthocératite; in-4, 2 pages. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXI, p. 1075, 10 novembre 1845, et *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 131. — 1845.)
642. — KEYSERLING (A. de). — *Beschreibung einiger von Dr A. Th. v. Middendorff mitgebrachten Ceratiten des arctischen Sibiriens*. Description de quelques cératites rapportées du nord de la Sibérie par le docteur A.-Th. de Middendorff; 48 pages in-8, avec 3 planches représentant 4 espèces nouvelles. (*Bulletin physico-mathématique de l'Académie des sciences de Saint-Petersbourg*, t. V, n^o 11. — 1845.)
643. — SALTER (J.-W.). — *On the structure and relations of cornulites and other silurian fossils*. Sur la structure et les affinités des Cornulites et autres fossiles siluriens. (*Philosophical magazine*, t. XXVII, p. 158. — 1845. Et *Athenæum*, 1845, p. 643.)
644. — SCORTEGAGNA (Th.). — Sur les Nummulites, Lettre à M. d'Orbigny, in-8, 5 pages. — 1846.
645. — MORRIS (J.). — *Description of eight species of brachiopodous shells from the palæozoic rocks of the Falkland islands*. Description de huit espèces de brachiopodes fossiles des roches palæozoïques des îles Falkland; 4 pages et 2 planches de fossiles. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 274. — 1846.)
646. — BUCH (L. v.). — Note sur les *Spirifer* et les Térébratules; in-4, 4 p. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 1846, p. 107.)
647. — BUCH (L. v.). — *Ueber das Spirifer Keilhavii über dessen Fundort und Verhältniss zu aehnlichen Formen*. Sur le *Spirifer* de Keilhau, son gisement et ses rapports avec des formes analogues; in-8, 3 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 145. — Mai 1846.)
648. — MORRIS (J.). — *On the subdivision of the genus terebratula*. Sur la subdivision du genre Térébratule; 8 pages et plusieurs figures de fossiles. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 382. — 1846.)
649. — JOHN (J.-F.). — *Bemerhungen ueber eine Bivalve des Muschelkalks welche faelschlich Avicula genannt wird*. Observations sur une coquille bivalve du Muschelkalk qui est connue faussement sous le nom d'*Avicula*; in-8, 5 pages avec une figure. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 442.)
650. — RYCKOLT (de). — Sur les espèces fossiles du genre *Chiton*. (*L'Institut*, page 86. — 1846.)
651. — SERRES (Marcel de). — Monographie du genre Cloisonnaire (*Sep-taria*, Lam.) vivant et fossile. (*Actes de la Société agricole et scientifique des Pyrénées orientales*, t. VI. — 1845.)
652. — MORRIS (J.). — *On the occurrence of the genus Pollicipes in the Oxford Clay*. Sur la présence du genre *Pollicipes* dans l'Oxford-Clay; 1 page. (*Annals and magazine of natural history*, t. XV, p. 30. — 1845.)
653. — CARPENTER (W.-B.). — *Report on the microscopic structure of shells*. Rapport sur la structure microscopique des coquilles (*Athenæum*, 1845, p. 675.)

654. — **BUCKLAND** (W.) — *On the agency of land snails in forming holes and trackways in compact limestone.* Sur la production de trous et traces sur les calcaires compactes par des coquilles terrestres. (*Athenæum*, 1845, p. 675.)

3° Articulés.

655. — **EMMRICH**. — *Ueber die Trilobiten.* Sur les Trilobites; in-8, 44 pages, avec une planche contenant 13 figures. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 48.)
656. — **BEYRICH** (E.). — *Ueber einige Boehmische Trilobiten.* Sur quelques Trilobites de la Bohême; in-4°, avec une planche. — 1846.
657. — **ROUAULT** (M.). — Sur les Trilobites des schistes de la Bretagne; in-4, 1 page. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXIII, p. 4450. — 1846.)
658. — **PICTET** (F.-J.). — Considérations organiques sur les débris organiques qui ont été trouvés dans l'ambre, et en particulier sur les insectes; in-8, 12 pages. (*Supplément à la Bibliothèque universelle*, t. II, p. 5. — 1846.)
659. — **BRODIE** (P.-B.). — *A history of fossil insects in the secondary rocks of England, accompanied by a particular account of the strata in which they occur, and the circumstances connected with their preservation.* Histoire des insectes fossiles des roches secondaires de l'Angleterre, accompagnée d'une description spéciale des couches dans lesquelles on les rencontre et les circonstances liées à leur conservation; 130 pages in-8 et 11 planches.
660. — **QUATREFAGES** (A. de). — Némertes fossiles. (*L'Institut*, p. 454. — 1846.)

4° Zoophytes.

661. — **AGASSIZ** (L.). — Résumé d'un travail d'ensemble sur l'organisation, la classification et le développement progressif des Échinodermes dans la série des terrains; in-4, 20 pages. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXIII, p. 276. — 1846.)
662. — **MORTON** (S.-G.). — *Description of two new species of fossil echinodermata from the eocene of the United States.* Description de deux nouvelles espèces d'échinodermes fossiles du terrain éocène des États-Unis; 1 page. (*Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia*, t. III, p. 51. — 1846.)
663. — **LOCKE**. — *On an asterias from the blue limestone of Cincinnati.* Sur une Astérie du calcaire bleu de Cincinnati; 1 page avec figure. (*Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia*, t. III, p. 32. — 1846.)
664. — **GRAHAM** (G.), **ANTHONY** (G.) et **JAMES** (W.). — *Two species of fossil asterias in the blue limestone of Cincinnati.* Deux espèces d'Astéries fossiles dans le calcaire bleu de Cincinnati; 1 page avec figure. (*Silliman's american Journal*, 2^e série, t. I, p. 441. — 1846.)
665. — **AUSTIN** (Th.) and **AUSTIN** (Th.) junior. — *A monography....* Monographie des crinoïdes récents et fossiles, avec des figures et des descriptions

- de quelques genres voisins récents et fossiles; in-4, 1^{re} et 2^e livrais. — 1845.
666. — **DESOR (E.)**. — Notice sur les Crinoïdes suisses; 44 pages. (*Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, 1845, p. 244.)
667. — **BUCH (L. von)**. — *Ueber Cystideen, eingeleitet durch die Entwicklung der Eigenthümlichkeiten von Caryocrinus ornatus*. Des Cystidées à l'occasion des particularités du *Caryocrinus ornatus* Say. (*Abhandlungen der kœniglichen Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 1845, p. 89. En extrait dans *Quarterly Journal of the geological Society*, t. II, p. 11. — 1846.)
668. — **BUCKMAN (J.)**. — *On a new species of hypanthocrinite*. Sur une nouvelle espèce d'Hypantocrinite. (*Athenæum*, 1846, p. 1026.)
669. — **BEYRICH**. — *Ueber Agelacrinites in Boehmen*. Sur les Agelacrinites de la Bohême; in-8, 3 pages, avec une planche. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, p. 192. — 1846.)
670. — **ORBIGNY (Alc. d')**. — Foraminifères fossiles du bassin tertiaire de Vienne (Autriche), découverts par M. de Hauer; en français et en allemand; 349 pages et 21 planches in-4. — 1846.
671. — **BAILEY (J. W.)**. — *Notice of some new localities of infusoria fossil and recent*. Notice sur quelques nouvelles localités d'infusoires fossiles et vivantes; 22 pages. (*Silliman's american Journal*, t. XLVIII, p. 321. — 1845.)
672. — **MANTELL (G.-A.)**. — *Thoughts on the animalcules, or a glimpse at the invisible world revealed by the microscope*. Pensées sur les animalcules, ou coup d'œil sur le monde invisible à l'aide du microscope, avec planches coloriées et coupes, d'après les dessins de l'auteur.
673. — **EHRENBERG**. — Sur les animaux microscopiques de divers terrains (*L'Institut*, p. 248. — 1845.)
674. — **EHRENBERG**. — *Neue Untersuchungen ueber das kleinste Leben als geologisches Moment*. Nouvelles recherches sur le rôle des infusoires dans les formations géologiques; in-8°, 33 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 53, 1845, et en extrait dans *l'Institut*, 1845, p. 244.)
675. — **EHRENBERG**. — *Vorläufige zweite Mittheilung ueber die weitere Erkenntniss der Beziehungen des kleinsten organischen Lebens zu den vulkanischen Massen der Erde*. Seconde communication sur les rapports des infusoires avec les masses volcaniques; in-8, 25 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, p. 133, 1845, et en extrait dans *l'Institut*, 1845, p. 307.)
676. — **EHRENBERG**. — *Ueber die Beziehungen der kleinsten organischen Lebens zu den Auswurfstollen des Imbabura Vulcans in Quito, nebst Zuzaetzen zu seinen Mittheilungen über die vulcanischen Phytolitharien der Insel Ascension*. Sur les infusoires contenus dans les éjections du volcan Ibaburn dans la province de Quito, et additions aux Phytolitharies de l'île d'Ascension; in-8, 13 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 1846, p. 189.)
677. — **EHRENBERG**. — *Untersuchungen des am 2. September dieses Jahres auf und bei den Orkney-Inseln gefallenen Meteorstaubes so wie der am gleichen Tage auf Island ausgeworfenen vulcanischen Producte und deren Beimischung von microscopischen Organismen*. Recherches sur la poussière météorique tombée le 2 septembre 1845 aux îles Orkney, les cendres

- volcaniques rejetées en Islande et les organismes microscopiques qui les accompagnent; in-8, 6 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 1845, p. 398.)
678. — EHRENBERG. — *Ueber die Auswurfs Aschen des Heclas in diesem Jahre*. Sur les cendres rejetées cette année par le mont Hécla; in-8, 4 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 1846, p. 145.)
679. — EHRENBERG. — *Weitere Untersuchungen des microscopischen organischen Verhaeltnisses zu den vulcanischen Ablagerungen beim Laacher-See am Rhein, dritter Vortrag, und über den Schlamm-Vulcan der Insel Scheduba in Indien*. Troisième mémoire sur la relation qui existe entre les organismes microscopiques et les dépôts volcaniques du lac de Laach, sur les bords du Rhin, et sur le volcan boueux de l'île de Scheduba, dans l'Inde; in-8, 15 pages. (*Bericht der Academie der Wissenschaften zu Berlin*, 1846, p. 158.)
680. — EHRENBERG. — De l'influence manifeste des petits êtres organiques microscopiques, sous forme de masse siliceuse volcanique frittée sur la formation des masses de ponce, conglomérats volcaniques, et sur la gangue de la maréhanite du nord de l'Asie. (*L'Institut*, 1845, p. 91.)
681. — MANTELL (G. A.). — *Notes of a microscopical examination of the chalk and flint of the South-East of England, with remarks on the animalcules of certain tertiary and modern deposits*. Notes sur l'examen microscopique de la craie et des silex du sud-est de l'Angleterre, avec remarques sur les animalcules de certains dépôts tertiaires et modernes; 15 pages. (*Annals and magazine of natural history*, t. XVI, p. 73, — 1845; et *Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 6. — 1846.)
682. — MICHELIN (H.). — *Iconographie zoophytologique*; in-4, huit livraisons contenant les descriptions et les figures de 270 espèces. — 1845 et 1846.
683. — DANA (J.). — *Structure and classification of zoophytes*. Structure et classification des Zoophytes, 132 pages, in-4. — 1846.
684. — DANA (J.). — *Genera of fossil corals of the family Cyathophyllidæ*. Genres de coraux fossiles de la famille des Cyathophyllidées; extrait de l'ouvrage de M. Dana sur les zoophytes, faisant partie des volumes publiés par l'expédition scientifique américaine du capitaine Wilkes; 11 pages. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 178. — 1846.)
685. — CONRAD. — *Description of new species of fossil and recent shells and corals*. Description de nouvelles espèces de coraux et coquilles récentes et fossiles; 8 pages, avec planche. (*Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia*, t. III, p. 19. — 1846.)
686. — LONSDALE (W.). — *Report on the corals from the tertiary formations of North-America, collected by M. Lyell and described by W. Lonsdale*. Rapport sur les coraux des formations tertiaires de l'Amérique du Nord, recueillis par M. Lyell et décrits par M. Lonsdale; 40 pages et figures nombreuses de fossiles. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. I, p. 495. — 1845.)
687. — LEIBOLD (F.). — *Polypenbildungen und Korallenbænke; Reisebilder von Cubas und Mexicos Küsten*. Les polypiers et les banes de coraux. Esquisses de voyage des côtes du Mexique et de Cuba; in-8, 6 pages.

(*Suchse's allgemeine deutsche naturhistorische Zeitung*, t. I, p. 263. — 1846.)

V. VÉGÉTAUX FOSSILES.

688. — **UNGER (F.)**. — *Synopsis plantarum fossilium*. Synopsis des végétaux fossiles, in-8, 328 pages. — 1845.
689. — **GOEPPERT (H. R.)**. — *Ueber den gegenwaertigen Zustand der Kenntniss fossiler Pflanzen*. De l'état actuel de nos connaissances sur les végétaux fossiles; in-8, 16 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 405 et en extrait, *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 362, et *Athenæum*, 1845, p. 642.)
690. — **CORDA (A. J.)**. — *Beitraege zur Flora der Vorwelt*. Matériaux pour servir à la Flore fossile; in folio, 272 pages, avec 60 figures. — 1845.
691. — **BERENDT und GOEPPERT**. — *Die im Bernstein befindlichen organischen Reste der Vorwelt*, 4^{ter} Band, 1^{ste} Abth. *Der Bernstein und die in ihm befindlichen Pflanzenreste der Vorwelt*. Les débris organiques fossiles contenus dans le succin; vol. I, 1^{re} partie. Débris végétaux fossiles contenus dans le succin; in-4, 125 pages, 7 planches. — 1845.
692. — **BUNBURY (C. J. F.)**. — *Notes on the fossil plants communicated by M. Dawson from Nova Scotia*. Notes sur les végétaux fossiles recueillis par M. Dawson dans la Nouvelle-Écosse; 3 pages 1/2 et planche. (*Quarterly journal, of the geological Society*, t. II, p. 136. — 1846.)
693. — **BRAUN (A.)**. — *Die Tertiær-Flora von Osnungen*. La Flore tertiaire d'Osnungen; in-8, 41 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1845, p. 164.)
694. — **GOEPPERT (H. R.)**. — *Ueber die fossile Flora des mittlen Jura's in Ober-Schlesien*. Sur la Flore fossile du Jura moyen dans la Haute-Silésie; in-8, 3 pages. (*Leonhard's neues Jahrbuch für Geognosie*, 1846, p. 709.)
695. — **SHEDDEN (P.)**. — *On the fossil vegetables of the sandstone of Ayrshire, illustrative of a series of them as a donation for the society's museum*. Sur les végétaux fossiles du grès de Ayrshire; note explicative à l'appui d'une série de ces fossiles donnée au musée de la société. (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXVIII, p. 356. — 1845.)
696. — **POMEL (A.)**. — Note sur des végétaux fossiles nouveaux découverts dans le calcaire grossier des environs de Paris; 10 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. II, p. 307. — 1845.)
697. — **QUENSTEDT**. — *Ueber die Kohlenformation*. Sur la formation houillère; in-8, 11 pag. (*Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte*, 2^e année, p. 173. — 1846.)
698. — **BROWN (R.)**. — *On a group of erect fossil trees in the Sydney coal field of cape Breton*. Sur un groupe d'arbres fossiles en position verticale dans le bassin houiller de Sydney, au cap Breton; 1 page, 3 figures. (*Quarterly Journal of the geological Society*, t. II, p. 393. — 1846.)
699. — **BINNEY (E.-W.) and HARKNESS (R.)**. — *Account on the fossil trees found at Saint-Helen's*. Note sur les arbres fossiles trouvés à Sainte-Hélène; 12 pages, 2 planches. (*Philosophical magazines*, t. XXVII, p. 241. — 1845.)
700. — **BINNEY (E.-W.)**. — *Remarks on fossil trees at Saint-Helen's, Lancashire, wich exhibit stigmariæ as their roots*. Remarques sur les arbres fos-

siles de Sainte-Hélène, Lancashire, qui ont des Stigmariées pour racines. (*Athenæum*, 1845, p. 724.)

701. — DAWES (J.-S.). — *Observations upon sternbergia*. Observations sur les Sternbergiées; demi-page. (*Quarterly journal of the geological Society*, p. 139. — 1846.)
702. — BRONGNIART (Ad.). — Mémoire sur les relations du genre *Næggerathia* avec les plantes vivantes; in-8, 44 pages. (*Annales des sciences naturelles botaniques*, 3^e série, t. V, p. 50, 1846. — Traduit dans les *Annals and magazine of natural history*, t. XVII, p. 100. — 1846.)
703. — KING (W.). — *Contributions towards establishing the general character of the fossil plants of the genus sigillaria*. Notes pour servir à établir le caractère général des végétaux fossiles du genre *Sigillaria*; 16 p. avec 2 pl. (*Edinburgh new philosophical journal*, t. XXXVIII, p. 119. — 1845.)
704. — BUNBURY (C. J.). — *On some remarkable fossil ferns from Frostburg, Maryland, collected by M. Lyell*. Sur quelques fougères fossiles remarquables de Frostburg, Maryland, recueillies par M. Lyell; 9 pages et demie et 2 planches. (*Quarterly journal of the geological Society*, t. II, p. 82. — 1846.)
705. — TAYLOR (R.). — *Notice on fossil arborescent ferns of the family of sigillaria, and other coal plants, exhibited in the roof and floor of a coal seam, in Dauphin county, Pennsylvania*. Notice sur des fougères arborescentes fossiles de la famille des Sigillariées et autres plantes du terrain houiller mises à découvert dans une couche de houille, dans le comté de Dauphin, Pensylvanie; 40 pages. (*Transactions of the american philosophical Society*, t. IX, part. 2, p. 219. — 1845.)
706. — BINNEY (E.-W.). — *Description of the Dukinfield sigillaria*. Description de la Sigillaire de Dukinfield; 3 pages, 1 figure. (*Quarterly journal of the geological Society of London*, t. II, p. 390. — 1846.)
707. — BAILEY (J.-W.). — *On the detection of spirally dotted, or scalariform ducts and other vegetable tissues in anthracite coal*. Sur la découverte de vaisseaux spiraux ponctués ou scalariformes et autres tissus végétaux dans l'anthracite; 4 pages avec figures. (*Silliman's american journal*, 2^e série, t. I, p. 407. — 1846.)
708. — MALBOS (de). — Notice sur le singulier végétal fossile à odeur de truffes, de l'étage du grès vert; 2 pages. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. III, p. 560. — 1846.)

L'astérisque qui devait être placé devant le titre des ouvrages offerts à la Société pour indiquer qu'ils se trouvent dans sa bibliothèque ayant été omis, les numéros ci-dessous, qui correspondent à ceux de la *liste bibliographique*, p. 657 et suivantes, sont destinés à réparer cet oubli.

N. B. Ne sont pas compris dans cette liste les ouvrages offerts à la Société en 1845 et publiés en 1844.

23, 24, 30, 53, 61, 78, 84, 122, 176, 189, 190, 193, 194, 201, 206, 210, 218, 219, 229, 232, 241, 313, 317, 346, 354, 374, 388, 394, 395, 396, 398, 400, 410, 415, 422, 426, 459, 483, 494, 507, 516, 517, 542, 574, 610, 614, 623, 665, 666, 682, 683.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES AUTEURS.

NOTA. Les nombres placés à la suite de chaque nom correspondent aux numéros de la liste bibliographique.

-
- | | |
|--|--|
| Adams, 457. | Blainville (de), 535. |
| Agassiz, 93, 120, 141, 600, 602, 604, 615, 623, 661. | Bloede, 376. |
| Amadio, 414. | Blum, 200. |
| Amar de la Torre, 420. | Boisse, 256. |
| Angelot, 54. | Boll, 338. |
| Anonyme, 19, 56, 347, 380, 485. | Bonomi, 553. |
| Ansted, 12, 13, 14, 434. | Bouchacourt, 422. |
| Anthony, Graham et James, 664. | Boucheporn (de), 26. |
| Archiac (d'), 240, 269, 502, 628. | Boué, 192. |
| Archiac (d') et de Verneuil, 232, 416. | Bonlanger, 241, 242. |
| Audibert, 238. | Bouvé, 455. |
| Auerbach et Frears, 375. | Bowerbank, 577. |
| Austen, 235. | Braun, 693. |
| Austin et Austin (Jun.), 665. | Bravais et Martins, 372. |
| | Bravard, 509, 510. |
| Bailey, 671, 707. | Brederlow, 335. |
| Bain, 564. | Brockedon, 187. |
| Bald, 304. | Brodie, 659. |
| Barrande, 359. | Brongniart (Ad.), 702. |
| Baur, 162. | Bronn, 470, 571. |
| Bayfield, 452. | Brown, 281, 698. |
| Beaumont (Élie de), 5, 427, 443. | Bruchhausen, 114. |
| Bèche (de la), 280. | Bryce, 308. |
| Benningsen-Fœrder, 43. | Buch (de), 389, 392, 633, 646, 647, 667. |
| Berendt et Gœppert, 691. | Bukes, 477. |
| Bettington, 543. | Buckland, 64, 309, 580, 654. |
| Beyrich, 656, 669. | Buckman, 290, 668. |
| Binney, 294, 700, 706. | Budge, 39. |
| Binney et Harkness, 699. | Bunbury, 692, 704. |
| Bischof, 17, 66, 197. | Bunsen et Descloiseaux, 67. |
| Black, 585. | Burat, 38, 421. |

- Burmeister, 11.
 Cacarrié, 236.
 Caillaud, 629.
 Canat, 630.
 Candia (de) et de la Marmora, 395.
 Cangiano, 407.
 Carpenter, 529, 653.
 Carter, 568.
 Cautley et Falconer, 528, 578, 579.
 Channing, 567.
 Charlesworth, 572, 599.
 Charmasse (Desplaces de), 226.
 Charpentier (de), 122.
 Charton, 547.
 Chenu, 611, 612.
 Clarke, 480.
 Claussen, 157.
 Collegno (de), 119.
 Collin, 55.
 Collomb, 110, 111, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 147.
 Combes, 37.
 Conrad, 447, 685.
 Coquand, 390, 397, 399, 515.
 Corda, 690.
 Cotta, 8.
 Credner, 20, 349.
 Cumming, 300, 301.
 Cunningham, 584.
 Damour, 176.
 Dana, 27, 193, 201, 491, 596, 683, 684.
 Danger et Viquesnel, 71.
 Darwin, 89, 474, 476.
 Darwin et J. D. Forbes, 103.
 Daubrée, 68, 183, 184, 186, 213, 214, 215.
 Daves, 701.
 Dawson, 454, 498.
 Davis, 292.
 Davy, 48, 136.
 Deane, 583, 588, 594.
 Dechen, 332, 333.
 Defrance, 641.
 Degousée, 63.
 Delanoue, 205.
 Delbos, 261.
 Delbos et Pedroni, 259.
 Delesse, 169.
 Descloiseaux, 373.
 Descloiseaux et Bunsen, 67.
 Desor, 92, 94, 153, 366, 666.
 Deslongchamps, 559, 560.
 Desnoyers, 507.
 Desportes, 34.
 Deville, 161, 441, 442.
 Dickinson, 289.
 Dieffenbach, 479.
 Domeyko, 470.
 Dufrénoy, 365, 401.
 Dumas, 251, 254.
 Dunker, 500.
 Dunker et Hermann de Meyer, 488.
 Durocher, 140, 145, 149, 151, 160, 188.
 Ebelmen, 173.
 Ehrenberg, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680.
 Eichwald, 369, 524, 542, 601.
 Einbrodt, 132.
 Emmrich, 655.
 Escher de la Linth (A.), 148, 317, 352, 356.
 Everest, 51.
 Ezquerria del Bagno, 413, 418.
 Falconer, 527, 541.
 Falconer et Cautley, 528, 578, 579.
 Fallou, 348.
 Fauverge, 249.
 Favre, 273.
 Figari et Husson, 437.
 Fitzinger, 576.
 Fischer de Waldheim, 474, 475, 563.
 Fitton, 25.
 Fleming, 607.
 Forbes (J. D.), 91, 97, 99, 101, 102, 108, 138.
 Forbes (E.), 274, 492, 499, 617.
 Forbes (E.) et Spratt, 432, 505.
 Forchhammer, 49, 79, 371.
 Forry, 41.
 Forsyth, 303.
 Fournel, 436.
 Fournet, 84, 159, 179, 194, 195, 222, 313, 355.
 Fox, 60.
 Fraas, 166.
 Frapolli, 237, 337.
 Frears et Rouiller, 381.

- Freiesleben, 196, 346.
 Fremont, 446.
 Frignet, 431.

 Gaillardot, 439.
 Gal, 124.
 Geinitz, 484.
 Germar, 497.
 Gervais, 512.
 Gervais et Marcel de Serres, 513.
 Gueymard, 220.
 Gibbs, 538, 603.
 Giebel, 486.
 Girard, 77, 393, 593.
 Goeppert, 185, 342, 490, 689, 694.
 Goeppert et Berendt, 694.
 Goessel, 345.
 Goldfuss, 573.
 Gordon, 104, 405.
 Graff, 207.
 Graham, Anthony et James, 664.
 Grandjean, 331.
 Grange, 90.
 Grateloup, 632.
 Gressly, 316.
 Gruner, 248.
 Guembel, 322.
 Gumprecht, 339, 341.
 Gutberlet, 329, 330.
 Guyot, 319.

 Haagen von Mathiesen, 80, 409.
 Haidinger, 203.
 Hair, 297.
 Hall, 291, 636.
 Harris, 46.
 Hausmann, 168, 385.
 Hehl, 328.
 Helmersen, 424, 428.
 Hennessy, 22.
 Henslow, 595.
 Hitchcock, 154, 459.
 Hitchcock et Owen, 582.
 Hogard, 123, 210, 211, 212.
 Holger, 7.
 Hombres-Firmas (d'), 30, 402.
 Hooker, 620.
 Hopkins, 44, 96, 118, 234, 291.
 Horner, 29.
 Houzeau, 70.
 Humboldt, 4.
 Hunt, 444.

 Husson et Figari, 437.

 Ibbetson, 286.
 Ibbetson et Forbes, 276.

 Jackson, 155, 451.
 James, Graham et Anthony, 664.
 Jameson, 191.
 Jobert, 170.
 John, 649.
 Johnston, 18.
 Jomard, 33, 45.
 Jukes, 481.

 Keel, 62.
 Kersten, 174, 178.
 Keyserling (de), 642.
 King, 581, 586, 703.
 Klee, 115.
 Klipstein, 354.
 Koch, 566.
 Kolenati, 113.
 Koninck (de), 519.

 Ladame, 95.
 Laing, 368.
 Landsborough, 621.
 Lapie et Viquesnel, 384.
 Lartet, 266.
 Laval, 189.
 Lavallée, 472.
 Lea, 635.
 Leclercq, 73.
 Lecoq, 40.
 Legros-Devot, 61.
 Leibold, 687.
 Leonhard, 16, 323, 326.
 Lesquereux, 58.
 Le T. de L., 230.
 Leube, 72.
 Leymerie, 206, 229, 262, 263, 264, 265.
 Lock, 663.
 Loesche, 358.
 Longuemar (de), 231.
 Lonsdale, 686.
 Loomis, 460.
 Lortet, 59.
 Loyan, 453.
 Lund, 531.
 Lyell, 4, 245, 445, 462, 463, 464, 465, 466, 468, 487.

- Macintosh, 135.
 Mackensie, 21.
 Maclaren, 50, 133, 134.
 Malbos (de), 250, 708.
 Mallet, 107.
 Manès, 224.
 Mantell, 275, 277, 551, 590, 672, 681.
 Marcou, 217, 218, 219.
 Marmora (de la) et de Candia, 395.
 Martins, 100, 109, 144, 146, 150, 156.
 Martins et Bravais, 372.
 Mather, 449.
 Maxwell, 546.
 Mérian, 440.
 Meugy, 223.
 Meyer (H. de), 503, 558.
 Meyer (H. de), et Dunker, 488.
 Meyer (L. von), 521.
 Michaelis, 32.
 Michelin, 682.
 Middendorff (de), 69, 425.
 Middleton, 539.
 Morris, 640, 645, 648, 652.
 Morton, 561, 662.
 Mousson, 315.
 Mueller (H.), 361.
 Mueller (J.), 199, 597.
 Munster, 487.
 Murchison, 28, 152, 288, 370, 377, 544.
 Murchison, de Verneuil et de Keyserling, 374.
 Murchison et Sedgwick, 321.

 Naumann, 344, 638.
 Nelson, 88.
 Newbold, 65.
 Nicol, 302.
 Nicollet, 467.
 Noeggerath, 198, 204, 522.
 Norton, 172.
 Norwood et D. Owen, 608.
 Noulet, 631.

 Olivieri, 379.
 Omalius d'Halloy (d'), 116, 320, 493.
 Orbigny (Alc. d'), 525, 526, 532, 609, 610, 613, 614, 616, 637, 670.
 Orsini et Spada Lavini, 405.

 Oserskji, 383.
 Osmerod, 293.
 Osterwald, 318.
 Oswald, 343.
 Owen (R.), 489, 508, 530, 533, 534, 536, 537, 540, 548, 549, 552, 554, 565, 639.
 Owen (D.), 448, 458, 461.
 Owen (D.) et Hitchcock, 582.
 Owen (D.) et Norwood, 608.

 Paillette, 419.
 Papius, 57.
 Pédroni, 257, 258, 260, 605.
 Pédroni et Delbos, 259.
 Pellico, 423.
 Perey, 81, 82, 83, 85.
 Persigny (de), 74.
 Petzholdt, 3, 353.
 Phillips, 2, 182, 520.
 Philippi, 504, 618, 619.
 Pictet, 483, 506, 625, 658.
 Pilla, 86, 87, 167, 388, 391, 400, 403, 404, 408.
 Poirier, 244.
 Pomel, 208, 209, 243, 511, 696.
 Portlock, 307.
 Pratt, 163, 268, 417.
 Prestwich, 278, 279.
 Prestwich et Morris, 282.
 Prévost (Constant), 23, 24, 78, 181, 267, 410, 494, 516.
 Pusch, 357.

 Quatrefages (de), 660.
 Quenstedt, 697.

 Ransay, 296.
 Raulin, 35.
 Redfield, 47.
 Renaud-Comte, 216.
 Rennie, 283.
 Reuss, 501.
 Reydellet, 253.
 Rhind, 158.
 Robert, 142, 233.
 Rochet-d'Héricourt, 438.
 Roemer, 325.
 Rogers (H. et W.), 456.
 Rominger, 327.
 Rose (C.), 550.
 Rouault, 495, 657.

- Rouiller, 382.
 Rouiller et Frears, 381.
 Royer, 228.
 Roys (de), 247, 272.
 Rozet, 31, 117, 312.
 Ruggles, 450.
 Russegger, 406, 435.
 Ryckolt (de), 650.

 Salter, 496, 643.
 Sandberger, 324, 523.
 Sanders, 285.
 Sauvage, 171, 386, 387.
 Savi, 398.
 Schaffhaeuti, 164, 165, 350, 351.
 Scheerer, 139.
 Schimper, 143.
 Schleiden et Schmid, 334.
 Schmid et Schleiden, 334.
 Schomburgh, 469.
 Schulz, 415.
 Schurig, 482.
 Scortegagna, 644.
 Sedgwick, 284, 298, 299.
 Sedgwick et Murchison, 321.
 Serres (Marcel de), 255, 270, 271, 514, 622, 626, 651.
 Sharpe, 295.
 Shedden, 695.
 Sherwood, 433.
 Silliman, 75, 175.
 Sismonda (A.), 396.
 Sismonda (E.), 606.
 Sjemasko, 378.
 Smith, 52, 137.
 Smyth, 429.
 Sowerby, 627.
 Spada Lavini et Orsini, 405.
 Spratt et E. Forbes, 432.
 Stein, 202.
 Stevenson, 305.
 Stotter, 112.
 Strickland, 555, 589, 634.
 Strzelecki (de), 478.
 Studer, 221, 311, 314.
 Stutchbury, 569.

 Sullivan, 177.
 Sutcliffe, 106.

 Tagart, 592.
 Taylor, 42, 471, 705.
 Tchihatcheff (de), 426.
 Teissier, 252.
 Toschi, 518.
 Trevelyan, 556.
 Troost, 76.
 Troschel, 624.

 Ungcr, 688.

 Verneuil (de) et d'Archiac, 232, 416.
 Verneuil (de), Murchison et de Keyserling, 374.
 Vibe, 367.
 Vicat, 227.
 Vikary, 431.
 Viqucsnel, 246.
 Viquesnel et Lapie, 384.
 Virlet, 53, 130, 180, 190, 225, 239.
 Vogt, 6, 598.

 Wagner, 10.
 Walkner, 9.
 Waltershausen (S. de), 411, 412.
 Wangenheim von Qualen, 562.
 Warington, 557.
 Warnsdorff, 360.
 Warren, 545.
 Whewell, 98.
 Whishaw, 36.
 Wickinson, 306.
 Wilkes, 475.
 Williams, 287.
 Wiser, 310.
 Wisse (de), 473.
 Woskoboïnikow, 430.

 Zencker, 336.
 Zeuschner, 340, 363.
 Zigno (de), 394, 517.
 Zincken, 362.
 Zippe, 15.
 Zisper, 364.

TABLE GÉNÉRALE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

FAUVERGE. — Sur quelques roches et fossiles du bassin confluent du Rhône et de l'Ardèche.	41
VIQUESNEL. — Des filons de basalte injectés entre les couches de pépérino du Puy de Montaudou.	45
ANDRÉ DEL RIO. — Découverte d'un manganate nouveau de cuivre et de zinc, près de Mazapil (Amérique septentrionale).	24
CAILLAUD. — Traces d'animaux perforants dans un porphyre-roche protogynique, en Belgique.	26
FOURNET (J.). — Notes sur les résultats sommaires d'une exploration géologique du Tyrol méridional et de quelques parties des régions subalpines de l'Italie.	27
DE ROYS. — 1° Notice sur les terrains houillers de Toulon.	43
2° Note sur les grès inférieurs au lias dans les Cévennes et le Lyonnais.	44
POMEL (A.). — Note sur quelques phénomènes géologiques de la vallée de la Brems, près Saarlouis.	49
LEYMERIE (A.). — Tableau chronologique des terrains sédimentaires.	58
DE CHARPENTIER. — Lettre à l'occasion du Mémoire de M. de Collegno sur le terrain erratique du revers méridional des Alpes (séance du 17 février 1845).	61
ZEITZNER (LOUIS). — Lettre sur les pétrifications de la chaîne de Stanowa Hrebeta (Sibérie).	62
ÉLIE DE BEAUMONT (L.). — Fait hommage à la Société du 1 ^{er} volume de ses Leçons de géologie pratique.	62
DUROCHER (J.). — Sur quelques faits pour servir à l'histoire des phénomènes erratiques de la Scandinavie (pl. I).	65
DIVERS. — Discussions relatives au Mémoire précédent de M. Durocher.	85 et suiv.
VIRLET D'Aoust. — Note sur l'origine métamorphique du granite des environs de Vire (Calvados).	94
MARTINS (Ch.). — Réponse aux objections de M. Durocher contre l'ancienne extension des glaciers de la Scandinavie (pl. II).	102
DEFRANCE. — Notice sur une coquille d'Orthocératite.	130
LA SOCIÉTÉ. — Élections pour 1846.	135
DE VERNEUIL. — Découverte des terrains paléozoïques en Arménie par M. Abich.	138
BOUÉ. — Sur la structure feuilletée des roches métamorphiques.	139

BOUÉ. — Essai d'un tableau de la production minérale et métallurgique annuelle de la monarchie autrichienne.	144
BERNARD. — Observations diverses sur le procès-verbal de Chambéry.	144
DAUBRÉE. — Observations sur le minéral de fer qui se forme journellement dans les marais et dans les lacs.	145
DAUBRÉE. — Examen de charbons produits par voie ignée à l'époque houillère et à l'époque liasique.	153
LE TRÉSORIER. — Comptes des recettes et des dépenses de 1845.	160
LA COMMISSION. — Rapport sur la gestion du Trésorier pendant l'année 1845.	163
DAUBRÉE. — Sur une zone d'amas ferrugineux placés à la jonction du grès des Vosges et du muschelkalk dans le Bas-Rhin.	169
DELESSE (A.). — Sur un nouvel hydrosilicate d'alumine (Damourite).	174
COLLOMB (Ed.). — Deux lettres sur les traces d'anciens glaciers dans les Vosges (pl. III et IV).	180
POMEL (A.). — Quelques nouvelles considérations sur la paléontologie de l'Auvergne.	198
ESCHER DE LA LINTH. — Lettres sur quelques phénomènes des glaciers en Suisse.	231
DE ROYS. — Rapport sur la gestion de l'Archiviste pendant les années 1844 et 1845.	241
D'OMALIUS D'HALLOY. — Observations sur les barres diluviennes.	244
DUROCHER. — Note sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie.	250
MARTINS (Ch.). — Observations sur la note ci-dessus de M. Durocher.	255
ROZET. — Extrait d'un Mémoire sur la sélénologie.	262
LE TRÉSORIER. — Présentation du budget pour l'année 1846.	270
CANAT (J.). — Deux notes sur les prétendus fossiles marins de Belnay, près Tournus (Saône-et-Loire).. . . .	271 et 274
DIVERS. — Discussion sur l'existence de cailloux roulés dans le granite.	276
GRANGÉ. — Études sur le phénomène erratique du Nord.	280
COQUAND. — Notice sur un gisement de gypse au promontoire Argentario.	302
VIRLET D'Aoust. — Notes sur la coloration de certaines roches en rouge.	323
D'ARCHIAC. — Rapport sur les fossiles du tourtia légués par M. Léveillé.	332
CONSTANT PRÉVOST. — Sur le gisement des fossiles de Sansan (Gers) (pl. V).	338
POIRIER. — Notice géologique sur la région du terrain tertiaire lacustre traversé par le chemin de fer des mines de Bert (Allier).	346
POMEL (A.). — Mémoire sur la géologie paléontologique du département de l'Allier.	353
DELESSE (A.). — Note sur le talc et la stéatite.	373
DE VERNEUIL. — Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural (analyse).	382
LECOQ. — Des climats solaires et des causes atmosphériques en géologie.	390
RIVIÈRE. — Observations sur le mémoire précédent de M. Lecoq.	400
DELBOS (J.). — Recherches sur l'âge de la formation d'eau douce de la partie orientale du bassin de la Gironde (extrait).	402
COLLOMB (Ed.). — Note sur les Karrenfelder des Vosges.	412

AGASSIZ. — Sur les glaciers.	415
VIRLET D'Aoust. — Sur le gisement du titane rutile de Gourdon (Saône-et-Loire).	425
DELESSE (A.). — Notice sur quelques produits de décomposition des minerais de cuivre.	427
TOSCHI. — Ossements fossiles découverts à Imola (Romagne). . . .	440
PILLA (L.). — Analyse de son ouvrage sur la Richesse minérale de la Toscane.	445
PAILLETTE (A.). — Observations sur les localités charbonnières impor- tantes des Asturies.	450
DE VERNEUIL. — Note sur les fossiles des localités ci-dessus. . . .	454
DAUBRÉE (A.). — Mémoire sur la distribution de l'or dans le gravier du Rhin.	458
DEVILLE (CH.). — Observations sur l'île de Ténériffe.	465
D'ARCHIAC. — Description des fossiles recueillis par M. Thorent aux environs de Bayonne (extrait).	475
FOURNET (J.). — Notice sur une collection de roches ignées et de pro- duits artificiels.	478
GASTALDI. — Sur des fragments de Pentacrinites des terrains miocènes de la colline de Turin.	485
D'OMALIUS D'HALLOY. — Note sur la succession des êtres vivants. . .	490
MARCOU (JULES). Recherches géologiques sur le Jura Salinois (extrait).	500
DELBOS (J.). — Sur l'origine des idées géologiques chez les Orientaux.	510
LEYNERIE (A.). — Statistique géologique et minéralogique du départ- tement de l'Aube (extrait).	518
PUEL (T.). — Sur la Flore du département du Lot.	525
DESOR. — Sur la structure des glaciers (pl. V).	528
COLLOMB (ED.). — 1° Des galets rayés dont l'origine n'est pas erratique.	534
2° Sur les glaciers temporaires des Vosges.	536
ROCHET D'HÉRICOURT. — Observations géologiques recueillies en Egypte, sur la mer Rouge, le golfe d'Aden, le pays d'Adel et le royaume de Choa.	544
DUROCHER (J.). — Etudes sur le métamorphisme des roches (pl. VI).	546
PELLICO (D. RAMON). — Extrait d'un Mémoire sur les gîtes argentifères de Hiendelaencia (Espagne).	648
DESOR. — Considérations sur la limite supérieure des roches polies. .	650
POMEL (A.). — Note sur le lias de la Moselle et sur quelques gisements de végétaux fossiles (extrait).	652
LE TRÉSORIER. — Etat de la caisse.	655
DEVILLE (CH.). — Observations sur l'île de Fogo (Cap-Vert). . . .	655

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE.

TABLE DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

POUR LE TROISIÈME VOLUME.

(DEUXIÈME SÉRIE.)

Année 1845 à 1846.

A

Abyssinie. Nature du sol dans le Choa, p. 543.

AGASSIZ. Observations sur les glaciers de la Suisse, p. 415. — Nouveau genre de poissons fossiles, p. 488. — Discussions diverses, p. 419, 420, 421, 422, 488, 489, 497, 534.

Ain. Dolomies, p. 144.

Allier. Coloration en rouge des grès bigarrés, p. 328. — Sur le terrain tertiaire des environs de Bert, p. 346. — Mémoire pour servir à la géologie paléontologique de ses terrains tertiaires, p. 353. — Psarolite près de Souvigny, p. 449.

ANDRÉ DEL RIO. Nouveau manganate du Mexique, p. 24.

Alpes. Phénomènes des glaciers, p. 104. — Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 547, 551, 556, 610, 631.

Alpes vénitiennes. Conclusions d'un mémoire sur les terrains crétacés, p. 427. — Roches polies par glissement, p. 449. — Calcaire jurassique, p. 488. — Chances de réussite d'un puits artésien à Venise, p. 510.

ARCHIAC (D'). Opinion sur quelques ter-

raines tertiaires de la Belgique, p. 279. — Sur les fossiles du poudingue nervien (tourtia) du Hainaut, p. 332. — Sur les fossiles du terrain à Nummulites des environs de Bayonne, p. 475. — Discussions diverses, p. 14, 24, 488.

Archives. Rapport sur leur état en 1844 et 1845, p. 241.

Ardèche. Note sur la disposition des terrains de ce département, p. 11. — Végétal fossile à odeur de truffe, p. 660. — Sur les formations géologiques du Vivarais, p. 731.

Ardoises. Leur mode de formation, p. 570.

Arménie. Terrains de transition à fossiles, p. 138.

Arsénio-sulfures métalliques. Caractères de leurs gîtes en Scandinavie, p. 634.

Aube. Analyse de la statistique géologique de ce département, p. 518.

Autriche. Puits naturel près de Vienne, p. 128 — (monarchie d'). Tableau de sa production minérale et métallurgique annuelle, p. 142.

B

Basalte en filons dans des pépérinos dans le département du Puy-de-Dôme, p. 15.

Bavière rhénane. Sur le terrain houiller et les porphyres de la vallée de la Brems près Saarlouis, p. 49. —

- Charbon produit par voie ignée à l'époque houillère dans le bassin de Sarrebrück, p. 153.
- BAYLE. Observations diverses, p. 472, 538.
- BEAUMONT (Elie DE). Note sur ses leçons de géologie pratique, p. 62. — Sur les barres diluviennes, p. 248. — Discussions diverses, p. 93, 261, 510.
- Belgique. Porphyre à perforations, p. 26. — Division des terrains tertiaires, p. 279. — Fossiles du poulingue nervien (tourtia) du Hainaut, p. 332.
- BERNARD. Rapports entre la nature du sol et la végétation, p. 144. — Sur les dolomies de l'Ain, p. 144.
- Bibliographie, p. 5, 46, 60, 98, 133, 137, 159, 238, 267, 321, 380, 410, 443, 474, 498, 524, 540, 655. — générale pour 1845 et 1846, p. 757.
- BOUBÉE. Sur des calcaires perforés par des Hélices, p. 389. — Formation simultanée de couches de nature différente, p. 509. — Discussions diverses, p. 130, 139, 158, 277, 472, 497, 510, 540.
- Boué. Puits naturel près de Vienne (Autriche), p. 128. — Structure feuilletée des roches métamorphiques, p. 159. — Tableau de la production minérale et métallurgique annuelle de la monarchie autrichienne, p. 142.
- BOURJOT. Observation, p. 472.
- BRAVARD. Faunes différentes des terrains meubles de l'Auvergne, p. 197.
- Budget pour 1846, p. 270.

C

- CAILLIAUD. Sur des trous semblables à ceux des coquilles perforantes, dans un porphyre de Belgique, p. 25.
- Calvados. Origine métamorphique du granite de Vire, p. 94.
- Canaries (îles). Sur l'île de Ténériffe, p. 465.
- CANAT. Sur les prétendus fossiles marins de Belnay (Saône-et-Loire), p. 271.
- Cap-Vert (îles du). Sur l'île de Fogo, p. 656.
- Cargneules. Leur origine, p. 581.
- CATULLO. Roches polies par glissement, p. 449.
- CHAMOUSSET. Observation, p. 564.
- Charbon produit par voie ignée aux époques houillère et liasique, p. 153.
- CHARPENTIER (DE). Opinion sur le phénomène erratique des Pyrénées, p. 61.
- CLÉMENT-MULLET. Rapport sur la gestion du Trésorier pendant l'année 1845, p. 163.
- Climats continentaux, littoraux, pé-ninsulaires et insulaires, p. 286 et 297.
- Climats solaires. Leur influence sur les phénomènes géologiques, p. 390.
- COLLOMB. Sur quelques vallées à moraines des Vosges, p. 180. — Sur le terrain erratique des Vosges, p. 187. — Sur des karren dans les Vosges, p. 412. — Sur des galets rayés non erratiques dans les Vosges, p. 534. — Sur les glaciers temporaires des Vosges, p. 536.
- Coloration en rouge de diverses roches, p. 323.
- Comptes du Trésorier, p. 11, 160, 458, 655. — Mécanisme de la comptabilité de la Société, p. 132. — Rapport sur les comptes, p. 163.
- COQUAND. Sur un gisement de gypse au promontoire Argentario en Toscane, p. 302; et sur l'âge des terrains à Ammonites d'Italie, p. 307.
- Coquilles marines prétendues fossiles à Belnay (Saône-et-Loire), p. 271.
- Côte-d'Or. Coloration en rose d'un calcaire jurassique, p. 326.
- Côtes-du-Nord. Faits relatifs au métamorphisme, p. 592, 615, 618.
- Criocéras dans les Alpes vénitiennes, p. 269.
- Cussy (DE) offre ses services aux membres de la Société, p. 101 et 209.
- Cycadées fossiles prétendues, p. 57.

D

- Damourite. Nouvel hydrosilicate d'alumine et de potasse, p. 174.
- DAUBRÉE. Sur le minéral de fer qui se forme journellement dans les marais

- et les lacs, p. 145. — Charbons produits par voie ignée aux époques houillère et liasique, p. 153. — Sur une zone d'amas ferrugineux placés le long de failles à la jonction du grès des Vosges et du muschelkalk dans le Bas-Rhin, p. 169. — Sur la distribution de l'or dans le gravier du Rhin, p. 458.
- DAVIDSON. Terrain jurassique supérieur du Pas-de-Calais, p. 101.
- DEFrance. Sur une très grande Orthocère, p. 131.
- DELANOE. Sur des dolomies de la Spezzia, p. 42. — Formation des oxydes de manganèse, p. 47 et 100. — Discussions diverses, p. 20, 48.
- DELBOS. Age de la formation d'eau douce de la partie orientale du bassin de la Gironde, p. 402. — Note sur l'origine des idées géologiques chez les Orientaux, p. 510.
- DELESSE. Sur un nouvel hydrosilicate d'alumine et de potasse, Damourite, p. 174. — Sur le talc et la stéatite, p. 373. — Sur quelques produits de décomposition des minerais de cuivre, p. 427.
- DESHAYES. Sur des calcaires prétendus perforés par des Hélices, p. 390. — Discussions diverses, p. 402, 419, 420.
- DESNOYERS. Érosions à la surface des roches, p. 85.
- DESOR. Sur la structure des glaciers en Suisse, p. 528. — Limite supérieure des roches polies dans la vallée de l'Aar (Suisse), p. 650. — Observations, p. 539.
- DEVILLE. Sur l'île de Ténériff, p. 465. — Sur l'île de Fogo (Cap-Vert), p. 656.
- DOLLEUS AUSSET. Procédé pour fendre les gros blocs de roches, p. 424.
- Dolomies du Tyrol, p. 27. — de la Spezzia, p. 42.
- Dolomies. Mode de formation, p. 578. — Minéraux qu'elles renferment, p. 631.
- Dordogne. Terrains tertiaires, p. 402.
- DOUBLIER. Sur quelques fossiles du Var, p. 566.
- DUFRENOY. Discussions diverses, p. 418, 420, 422, 539.
- DOMAS (Emilien). Sur la constitution de la région supérieure ou cévennique du Gard, p. 666. (terrains anciens, p. 668; terrain houiller, p. 674; trias, p. 695; terrain jurassique, p. 702.)
- DURACHER. Faits pour servir à l'histoire des phénomènes erratiques de la Scandinavie, p. 65. — Note sur les phénomènes erratiques de la Scandinavie, en réponse aux remarques de M. Martins, p. 250. — Etudes sur le métamorphisme des roches, p. 546. — Discussions diverses, p. 85, 88, 91, 97.
- DESOR. Sur la structure des glaciers en

E

- Eifel. Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 548.
- Egypte. Sur les environs du Caire et de Kosseir, p. 541.
- Elections. Commissions, bureau et conseil, p. 135. — d'un trésorier, p. 240. — d'un secrétaire, d'un vice-secrétaire et d'un trésorier, p. 458. d'un secrétaire et d'un vice-secrétaire, p. 528. — Bureau de la réunion extraordinaire à Alais, p. 660.
- ESCHER DE LA LINTH. Sur quelques phénomènes des glaciers en Suisse, p. 231.
- Espagne. Sur plusieurs dépôts houillers des Asturies, p. 450. — Sur des gîtes argentifères de la province de Guadalupe, p. 648.
- Etats romains. Mammifères fossiles d'Imola, p. 440.
- Êtres vivants. Leur succession, p. 490.

F

- FAUVERGE. Note sur la disposition des terrains de l'Ardèche, p. 11. — Discussions diverses, p. 423, 655.
- Fer hydroxydé. Sur sa formation journalière dans les marais et les lacs, p. 145. — en amas le long de failles à la jonction du grès des Vosges et du muschelkalk, dans le Bas-Rhin, p. 169. — formant une géode contenant des monnaies d'argent, p. 527.

Fers oxydés. Leur gisement en Scandinavie, p. 637.

Finistère. Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 556, 593, 609.

FOURNET. Formation des filons de gra-

nite, p. 21. — Notes sur le Tyrol méridional et en particulier sur ses dolomies et ses porphyres, p. 27. — Sur une collection de roches ignées et de produits artificiels, p. 478.

G

Gard. Grès inférieurs au lias, p. 44. — Réunion extraordinaire de la Société à Alais, p. 659. — Sur la constitution de la région supérieure ou cévennique, p. 666. — Excursions aux environs d'Alais, p. 662, 725, 752.

GASTALDI. Sur la présence d'une Pentacrinite dans le terrain miocène de Turin, p. 485.

Gers. Gisement des fossiles de Sansan, p. 338.

Gironde. Terrains tertiaires de la partie septentrionale, p. 403.

Glaces flottantes des régions polaires, p. 284.

Glaciers. Leur ancienne extension en Scandinavie, p. 102, 255. — Cause de leur ancienne extension, p. 128. — Influence des climats solaires sur

leur ancienne extension, p. 390.

Gneiss. Leur origine métamorphique, p. 611, 623. — en Bretagne, p. 615. — en Scandinavie, p. 619.

GOEPPERT. Sur le mode de formation de la houille, p. 644.

GRANGE. Recherches sur les glaciers, les glaces flottantes et les dépôts erratiques, sur l'influence des climats, sur la distribution géographique et la limite inférieure des neiges perpétuelles, p. 280. — Discussions diverses, p. 262, 422.

Granite métamorphique, p. 18. — *id.* du Calvados, p. 94 et 277. — Formation de ses filons, p. 21.

Gypses. Mode de formation, p. 580.

Gypse au promontoire Argentario en Toscane, p. 302.

H

Hanovre. Age du *Hilsthon*, p. 23.

HÉBERT. Observation, p. 472.

Hilsthon du Hanovre, p. 23.

HOMBRES-FIRMAS (D'). Discours de clô-

ture de la réunion d'Alais, p. 756.

Hydrosilicates de cuivre. Produits de décomposition des minerais de cuivre, p. 427.

I

Idées géologiques. Leur origine chez les Orientaux, p. 510.

Ille-et-Vilaine. Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 567, 570,

597, 602, 603, 605, 618, 627.

Italie. Age des terrains à Ammonites, p. 307.

J

Jura. Résumé sur le Jura salinois, p. 500.

L

LE BLANC. Chances de réussite d'un puits artésien à Venise, p. 510. — Discussions diverses, p. 57, 61, 130, 421, 424.

LECOQ. Des climats solaires et des causes atmosphériques en géologie. Recherches sur les forces diluviennes indépendantes de la chaleur centrale

- et sur les phénomènes glaciaire et erratique, p. 390. — Observation, p. 402.
- LEVALLOIS. Catalogue de roches à l'appui d'un Mémoire, p. 415.
- LEYMERIE. Tableau chronologique des terrains sédimentaires, p. 58. — Analyse de sa statistique géologique de l'Aube, p. 518. — Discussions diverses, p. 11, 20. 42.
- Ligurie. Dolomies de la Spezzia, p. 42.
- Ossements des lignites de Cadibona, p. 56. — Calcaire néocomien à Nice, p. 240.
- Loire-Inférieure. Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 547, 563, 568, 573, 596, 616, 632.
- Lot. Végétation et nature du sol, p. 525.
- Lune. Sur les phénomènes qui s'y sont passés, p. 262.

M

- Macle. Cristallisation postérieure au dépôt des schistes qui la renferment, p. 552. — Son gisement en Bretagne, p. 606. — Dans les Pyrénées, p. 609.
- MALBOS (DE). Végétal fossile à odeur de truffe, de l'Ardèche, p. 560. — Sur les formations géologiques du Vivarais, p. 631.
- Mammifères fossiles de Cadibona, p. 56. — en Auvergne, p. 197 et 198. — des terrains tertiaires de l'Allier, p. 366. — *id.* d'Imola (Etats romains), p. 440.
- Manganèse. Formation des oxydes, p. 47.
- Manganate nouveau de cuivre et de zinc au Mexique, p. 24.
- MARCOU. Résumé de ses recherches sur le Jura salinois, p. 500.
- MARROT. Géode d'hydrate de fer contenant des monnaies d'argent, p. 527.
- MARTINS. Réponse aux objections de M. Durocher contre l'ancienne extension des glaciers de la Scandinavie, p. 102. — Observations sur la réplique de M. Durocher, p. 255. — Discussions diverses, p. 238, 414, 421.
- MAUDUYT. Demande relative aux chemins de fer, p. 160.
- Membres nouveaux, p. 46, 60, 97, 133, 156, 238, 267, 320, 380, 409, 443, 473, 524, 540, 662, 725, 743.
- Métamorphisme. Études sur celui des roches, p. 546.
- Mexique. Nouveau manganate, p. 24.
- Micaschistes. Leur origine métamorphique, p. 610. — Dans les Pyrénées, p. 613. — En Bretagne, p. 615.
- MICHELIN. Observations diverses, p. 323, 338, 497.
- Midi de la France. Comparaison de ses bassins tertiaires avec celui de Paris, p. 745.
- Minéraux. Gisement de ceux qui ont cristallisé dans les roches, p. 582. — Contenus dans les calcaires et dolomies des Alpes, des Pyrénées, etc., p. 631.
- Morbihan. Nouvel hydro-silicate d'alumine et de potasse à Pontivy, p. 174. — Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 547, 552, 606.
- Morée. Action de la mer sur ses côtes, p. 301.
- Moselle. Végétaux fossiles du lias et du terrain houiller, p. 652.
- MURCHISON. Invite les membres de la Société à assister à la réunion de Southampton, p. 412. — Discussions diverses, p. 87, 88.

N

Neiges perpétuelles. Influences des climats sur leur distribution, p. 286 et 300.

O

- OMALIUS D'HALLOY (D'). Observations sur les barres diluviennes, 244. — Sur la succession des êtres vivants, p. 490. — Observations diverses, p.

158, 249, 266, 402, 490, 497.
Or. Sa distribution dans le gravier du Rhin et son extraction, p. 458.

ORBIGNY (Alcide d'). Sur le *Hilsthon* du Hanovre, p. 25.
Orthocère de très grande dimension, p. 131.

P

PAILLETTE. Notes sur plusieurs dépôts houillers des Asturies, p. 450.
Paris (Bassin de). Comparaison de ses terrains tertiaires avec ceux du midi de la France, p. 745.
Pas-de-Calais. Terrain jurassique supérieur, p. 101.
PELLICO. Sur des gîtes argentifères de la province de Guadalupe (Espagne), p. 648.
Pentacrinites dans le terrain miocène de Turin, p. 485.
Perforations prétendues des calcaires par des Hélices, p. 389.
Phénomènes des glaciers dans les Alpes, p. 104. — en Suisse, p. 231, 415. — dans les régions polaires, p. 282. — Structure des glaciers en Suisse, p. 528 — Glaciers temporaires des Vosges, p. 556.
Phénomènes erratiques de Scandinavie, p. 65 et 250. — Vallées à moraines et terrain erratique des Vosges, p. 180 et 187. — Dans le nord de l'Europe, p. 291.
Phthanite. Mode de formation de ceux de la Loire-Inférieure, p. 568.
Piémont. *Pentacrinite* dans le terrain miocène de Turin, p. 485.
PILLA. Note sur un ouvrage sur la richesse minérale de la Toscane, p. 444.
Planches du Bulletin. I, p. 65; II, p. 103; III et IV, p. 180; V, p. 359; VI, 546; VII, p. 671.
POIRIER. Sur le terrain tertiaire des environs de Bert (Allier), p. 346.
Poissons fossiles. Nouveau genre, p. 488.
POMERL. Sur les terrains houillers et les porphyres de la vallée de la Brems près Saarlouis (Bavière-Rhénane),

p. 49. — Ossements des lignites de Cadibona, Ligurie, p. 56. — Sur de prétendues Cycadées fossiles, p. 57. — N'admet pas le diluvium en Auvergne, p. 139. — Sur les charbons produits par voie ignée à l'époque houillère, p. 157. — Nouvelles considérations sur la paléontologie de l'Auvergne, p. 198. — Mémoire pour servir à la géologie paléontologique des terrains tertiaires de l'Allier, p. 355. — Présence du Renne dans les terrains diluviens, p. 422. — Sur le lias de la Moselle et des végétaux fossiles du terrain houiller de Saarbruck, p. 652. — Discussions diverses, p. 276, 375.
Porphyres du Tyrol, p. 32 — de Saarlouis, p. 49.
PREVOST (C.). Sur le gisement des fossiles de Sansan (Gers), p. 338. — Discussions diverses, p. 48, 277, 373, 421.
Produits ignés artificiels comparés aux roches ignées, p. 478.
PUBL. Indication de la végétation et de la nature du sol du Lot, p. 525.
Puy-de-Dôme. Filons de basalte dans les pépérinos du puy de Montandou, p. 15. — Indication de trois faunes dans les terrains meubles, p. 197. — Considérations sur les mammifères fossiles, p. 198. — Trois époques volcaniques, p. 219.
Pyrénées. Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 548, 550, 557, 579, 603, 604, 609, 615, 630, 631, 641.
Pyrénées (Basses). Fossiles du terrain à Nummulites des environs de Bayonne, p. 475.

Q

Quartzites. Leur production, p. 603.

R

Reptiles fossiles des terrains tertiaires de l'Allier, p. 371.

Rhin. Distribution de l'or dans le gravier de ce fleuve, p. 458.

Rhin (Haut-). Vallées à moraines et terrain erratique, p. 180 et 187. — Galets rayés non erratiques, p. 534. — Glaciers temporaires des Vosges, p. 536.

Rhin (Bas-). Zone d'amas ferrugineux placés le long de failles à la jonction du grès des Vosges et du muschelkalk. p. 169.

RIVIÈRE. Objections au Mémoire de M. Lecoq sur les climats solaires, p. 400. — Discussions diverses, p. 85, 86, 88, 97, 277, 546.

Roches métamorphiques. Leur structure feuilletée, p. 139. — *id.* diverses, p. 472.

Roches polies par glissement, p. 449.

Roches polies. Leur limite supérieure dans la vallée de l'Aar en Suisse, p. 650.

Roches sillonnées à Fontainebleau, p. 253. — Galets rayés non erratiques des Vosges, p. 534.

ROCHET D'HÉRICOURT. Notes sur diverses parties de l'Égypte et de l'Assyrie, p. 541.

ROYS (de). Sur le terrain houiller de Toulon, p. 43. — Sur un grès inférieur au lias dans le Gard, p. 44. — Fossiles dans les silex des poudingues de Nemours, p. 419. — Transformation des calcaires en gypse et dolomie, p. 565. — Comparaison des bassins tertiaires du Midi avec celui de Paris, p. 745. — Rapport sur la gestion de l'archiviste en 1844 et 1845, p. 241. — Observation, p. 422.

ROZET. Cause de l'ancienne extension des glaciers, p. 128. — Extrait d'un Mémoire sur la sélénologie, p. 262. — Discussions diverses, p. 158, 267, 276, 489.

RUINART DE BRIMONT. Donne sa démission des fonctions de trésorier, p. 443.

S

Saône (Haute-). Gouffres, p. 37.

Saône-et-Loire. Coquilles marines récentes près de Tournus, p. 271. — Coloration en rouge des calcaires jurassiques, p. 323. — *id.* du grès bigarré, p. 327. — Gisement du titane rutile de Gourdon, p. 425.

Sarthe. Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 593.

Scandinavie. Phénomènes erratiques, p. 65. — *id.*, p. 250. — Ancienne extension des glaciers, p. 102. — *id.*, p. 255. — Charbons produits par voie ignée à l'époque liasique en Scanie, p. 156. — Faits relatifs au métamorphisme des roches, p. 548, 550, 551, 566, 584, 595, 599, 604, 619, 622, 632, 634.

Schistes siliceux de la Norvège, p. 599.

Seine-et-Marne. Sillons à la surface des roches à Fontainebleau, p. 253. — Fossiles des silex des poudingues de Nemours, p. 419. — Cristallisation du grès de Fontainebleau, p. 573.

Sibérie. Fossiles de transition près du lac Baikal, p. 62.

SISMONDA. Quelques faits aux environs de Nice, p. 240.

Sources thermales, p. 641.

Stéatite. Nouvelle analyse, p. 376.

Suisse. Sur quelques phénomènes des glaciers, p. 231, 415. — Structure des glaciers, p. 528. — Limite supérieure des roches polies dans la vallée de l'Aar, p. 650.

Sulfures métalliques. Caractères de leurs gîtes en Scandinavie, p. 634.

T

Talc. Nouvelle analyse, p. 375.

Terrain carbonifère dans les Asturies, p. 450.

Terrain houiller à Toulon, p. 43. — à Saarlouis, p. 49. — du Gard, p. 666. — *id.*, p. 725. — Mode de formation de la houille, p. 744.

Terrains jurassiques de l'Italie, p. 307.

— du Jura salinois, p. 502. — du Gard, p. 702.

Terrain à Nummulites (épicrotécé), p. 14. — Ses fossiles aux environs de Bayonne, p. 475.

Terrains primitifs du Gard, p. 668.

Terrain tertiaire de Sansan (Gers), p. 338. — des environs de Bert (Allier),

- p. 346. — Mémoire pour servir à la géologie paléontologique de celui de l'Allier, p. 353. — Terrain tertiaire d'eau douce de la partie orientale du bassin de la Gironde, p. 402. — *id.* du Gard, p. 728. — Comparaison des bassins tertiaires du midi de la France avec celui de Paris, p. 745.
Terrains de transition en Arménie, p. 138.
Terrain triasique (keuper) du Jura salinois, p. 502. — du Gard, p. 695.
Terrains volcaniques. Appartiennent à trois époques en Auvergne, p. 219. — de l'île de Ténériffe, p. 465.
Titane rutile de Gourdon (Saône-et-Loire), p. 425.
Toscane. Gisement de gypse au promontoire Argentario, p. 302. — Note sur sa richesse minérale, p. 444.
Toschi. Catalogue des mammifères fossiles du terrain pliocène d'Imola (Etats romains), p. 440.
Tyrol. Sur ses dolomies et ses porphyres, p. 27.

V

- Var.* Terrain houiller à Toulon, p. 43. — Indication de quelques fossiles, p. 666.
Végétation. Ses rapports avec la nature du sol, p. 144.
Végétaux fossiles du lias et du terrain houiller de la Moselle, p. 652. — à odeur de truffe, de l'Ardèche, p. 660. — du terrain houiller du Gard, p. 689.
 VERNUIL (DE). Sur les phénomènes erratiques dans le nord de l'Europe, p. 88. — Terrain de transition en Arménie, p. 138. — Note sur la géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural, p. 382. — Liste des fossiles du terrain carbonifère des Asturies, p. 454. — Discussions diverses, p. 24, 87, 93, 159, 421, 423.
 VIKESNEL. Sur des filons de basalte dans les pépérinos au puy de Montaudou (Puy-de-Dôme), p. 15 et 145. — Mécanisme de la comptabilité de la Société, p. 132. — Observation, p. 472.
 VIRLET. Formation par injection des noyaux de quartz dans les gneiss, etc., et sur le métamorphisme du granite, p. 18. — Sur les dolomies, p. 41. — Origine métamorphique du granite du Calvados, p. 94 et 277. — Formation contemporaine du fer hydroxydé, p. 150. — Action de la mer sur les côtes de Morée, p. 301. — Sur la coloration de certaines roches en rouge, p. 323. — Gisement du titane rutile de Gourdon (Saône-et-Loire), p. 425. — Psarolithe de Souvigny (Allier), p. 449. — Discussions diverses, p. 20, 42, 48, 87, 158, 275, 528.
 Vosges. Sur des karrenfelder, p. 413.

W

- WEGMANN (DE). Observation, p. 128.

Z

- ZEITZNER. Fossiles de transition du lac Baikal en Sibérie, p. 62.
 ZIGNO (DE). Criocéras dans les Alpes vénitiennes, p. 269. — Calcaire jurassique *id.*, p. 488. — Conclusions d'un mémoire sur les terrains crétacés des Alpes vénitiennes, p. 427.

ERRATA.

Pages. Lignes.

- 8, 5, *en remontant, au lieu de : Visa (Nardo), lisez : Vioa (Nardo).*
- 12, 19 et 20, *au lieu de : schistes, et sur lesquelles, lisez : schistes sur lesquels.*
18. *Reportez p. 23 après le passage du mémoire de M. Fournet les observations de MM. Virlet, Delanoue et Leymerie.*
- 21, 3, *au lieu de : par suite de cette discussion M. Viquesnel donne lecture, lisez : M. Viquesnel donne ensuite lecture.*
- 25, 25, *au lieu de : Sonne-Schmidt, lisez : Sonnenschmidt.*
- 57, 22, *au lieu de : Lapidofloyées, lisez : Lepidofloyées.*
- 87, 1, *au lieu de : Nœgaret, lisez : Næggerath.*
- 101, 25, *par erreur le nom de M. de Cussy, consul général de France à Palerme, a été omis à la suite de sa lettre.*
- 128, 3, *au lieu de : eaux naturelles, lisez : eaux actuelles.*
- 154, 2, *au lieu de : parties altérables, lisez : parties attirables.*
- 157, 12, *au lieu de : pignadoo, lisez : pignada.*
- 178, *dernière ligne, au lieu de : Rommelsberg, lisez : Rammelsberg.*
- 276, 21, *au lieu de : Augustonometum, lisez : Augustonemetum.*
- 279, 21 et 34, *au lieu de : Londonien, lisez : Landénien.*
- 309, 7, *au lieu de : Taornima, lisez : Taormina.*
- 319, 26, *au lieu de : anaginites, lisez : anagénites.*
- 357, 24, *au lieu de : bleu-lias, lisez : blue-lias.*
- 374, 27, *au lieu de : 2_g.5657, lisez : 2,5657.*
- 375, *dernière ligne, au lieu de : Zillerthel, lisez : Zillerthal.*
- 381, 8, *au lieu de : Salins, lisez : Neuchâtel.*
- 403, 17, *au lieu de : rive gauche, lisez : rive droite.*
- 403, 27, *au lieu de : Pouillac, lisez : Pauillac.*
- 405, 7, *au lieu de : au-dessous, lisez : au-dessus.*
- 405, 19, *au lieu de : presque, lisez : jusque.*
- 406, 12, *au lieu de : Brongn. non id. Lyell, lisez : Brongn. non Lyell.*
- 407, 35, *effacez Crania abnormis, Brong.*
- 409, 11, *effacez inférieure.*
- 423, 36, *au lieu de : lorsque, lisez : à l'époque où.*
- 423, *dernière ligne, au lieu de : pendant que, lisez : lorsque la terre passait à son aphélie.*
- 423 et suivantes *(L'opinion de M. Fauverge doit être placée immédiatement après les observations de M. Pomel).*
- 435, 20, *au lieu de : dioptose, lisez : dioptase.*
- 475, 11, *au lieu de : Pomponius Melas, lisez : Pomponius Mela.*
- 469, 8 et 9, *au lieu de : Rhincolite, lisez : Rhyacolite.*

- 484, 22, *au lieu de* : Cheny, *lisez* Chessy.
- 486, *ligne dernière*, *au lieu de* : Pault, *lisez* : Pareto.
- 487, 36, *au lieu de* : Boyon, *lisez* : Borson.
- 504, 5, *au lieu de* : des banes polypiers, *lisez* : des banes de polypiers.
- 505, 7, *au lieu de* : Homberti, *lisez* : Lamberti.
- 506, 35, *au lieu de* : Corymia, *lisez* : Ceromya.
- 507, 25, *au lieu de* : Bonné, *lisez* : Banné.
- 507, 26, *au lieu de* : Lanfon, *lisez* : Laufon.
- 511, 8, *au lieu de* : les causes, *lisez* : la cause.
- 511, 29, *au lieu de* : sous-dériver, *lisez* : tous dériver.
- 513, 27, *au lieu de* : l'eau, *lisez* : l'air.
- 513, 41, *au lieu de* : Burnu, *lisez* : Burnet.
- 514, 28, *au lieu de* : Desaper, *lisez* : Duaper.
- 514, 36, *au lieu de* : Néadiroen, *lisez* : Néadirsén.
- 515, 25 et 27, *au lieu de* : Ormuzel, *lisez* : Ormuzd.
- 515, 40, *au lieu de* : d'années, *lisez* : de périodes.
- 516, 31, *au lieu de* : du corps, *lisez* : des corps.
- 517, 10, *au lieu de* : un limon, mot dans lequel...., *lisez* : un limon, mot, dans lequel... (Mot était le nom du limon primitif).
- 517, 14, *au lieu de* : ces germes, *lisez* : les germes.
- 517, 15, *au lieu de* : par le limon, *lisez* : dans le limon.
- 517, 33, *au lieu de* : Keuf, *lisez* : Knef.
- 517, 34, *au lieu de* : Phla, *lisez* : Phta.
- 517, 34, *au lieu de* : Biris, *lisez* : Osiris.
- 517, 40, *au lieu de* : ce qui nous prouve, *lisez* : ce que nous prouve.
- 518, 3, *au lieu de* : les peuples, *lisez* : ces peuples.
- 518, 12, *au lieu de* : de ces connaissances, *lisez* : de ses connaissances.
- 560, 5, *au lieu de* : Morette, *lisez* : Marette.
- 564, 20, *au lieu de* : magnésifère, *lisez* : manganésifère.
- 565, 32 et 33, *au lieu de* : ordinairement, *lisez* : en diminuant.
- 573, dans la note, *au lieu de* : Arlene, *lisez* : Arlenc.
- 612, 26, *au lieu de* : Raquianus, *lisez* : Raquinianus.
- 619, 28, *au lieu de* : Ryncolithes, *lisez* : Rhyncolytes.
- 632, 15, *au lieu de* : en, *lisez* : un.
- 635, 23, *au lieu de* : A. armata, *lisez* : perarmatus.
- 636, 17, *au lieu de* : falbandes, *lisez* : salbandes.
- 640, 36, *au lieu de* : est de, *lisez* : est incliné de.
- 646, 22, *au lieu de* : ce, *lisez* : le.
- 659, Par erreur la réunion extraordinaire à Alais est paginée de 559 à 656, *au lieu de* 659 à 756. Les véritables numéros ont été rétablis dans la table des matières.





